



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA

**“Diseño de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache – Hualgayoc 2019”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Br. Mendoza Alvarez, Henry Antonio (ORCID: 0000-0001-7311-6061)

**ASESORES:**

Mg. Reyes Tassara, Pedro Demetrio (ORCID: 0000-0002-0395-7065)

Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y Planes de Mantenimiento

**CHICLAYO — PERÚ**

2020

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a mi mamita Cecilia, quien con su amor, educación y entrega me dirige hacia la obtención de mis objetivos personales y profesionales, enseñándome siempre hacer una persona correcta y de bien. Por su ejemplo y motivación a mi hermano mayor César. A mis hermanos menores Jhunnior y Jason, por su apoyo incondicional. Y a mis docentes, por brindarme el conocimiento y experiencia en mi formación profesional.

***Henry Antonio Mendoza Alvarez***

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por la vida, la salud y por permitir terminar esta meta trazada, a mi familia y personas que de una u otra manera me apoyaron en la realización de este trabajo.

De la misma manera agradezco a todos mis asesores, por el apoyo incondicional y orientación en el desarrollo de mi proyecto de tesis, porque sin sus enseñanzas y conocimientos no habría sido posible concluir mi carrera profesional.

También a la Universidad César Vallejo, por brindarme la oportunidad de tener una carrera profesional, formándome como un profesional competitivo y así poder contribuir al desarrollo de nuestro país.

***Henry Antonio Mendoza Alvarez***

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA .....	42
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	42
3.2. Variables y operacionalización .....	42
3.3. Población, muestra y muestreo.....	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
3.5. Procedimientos .....	44
3.6. Métodos de análisis de datos.....	44
3.7. Aspectos éticos .....	45
IV. RESULTADOS .....	46
V. DISCUSIÓN .....	58
VI. CONCLUSIONES .....	60
VII. RECOMENDACIONES .....	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS .....	72

## Índice de tablas

<b>Tabla 01:</b> <i>Requisitos de algunos sistemas y enfoque de los indicadores.</i>	15
<b>Tabla 02:</b> <i>Operacionalización de Variables.</i>	42
<b>Tabla 03:</b> <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos.</i>	43
<b>Tabla 04:</b> <i>Equipos del laboratorio</i>	46
<b>Tabla 05:</b> <i>Fallas ocurridas durante el periodo de evaluación.</i>	47
<b>Tabla 06:</b> <i>Mantenimientos preventivos que se le da a la maquinaria.</i>	48
<b>Tabla 07:</b> <i>Horas totales de paradas para las máquinas.</i>	49
<b>Tabla 08:</b> <i>Tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparaciones.</i>	51
<b>Tabla 09:</b> <i>Confiabilidad de los equipos</i>	52
<b>Tabla 10:</b> <i>Equipos con baja confiabilidad.</i>	54
<b>Tabla 11:</b> <i>Fallas por mantenimiento correctivo</i>	55
<b>Tabla 12:</b> <i>Comparación de la disponibilidad existente y la proyectada de acuerdo al mantenimiento establecido.</i>	55
<b>Tabla 13:</b> <i>Gasto actual por mantenimiento preventivo anual.</i>	56
<b>Tabla 14:</b> <i>Costo actual en mantenimiento.</i>	56
<b>Tabla 15:</b> <i>Costo del mantenimiento preventivo según la baja confiabilidad.</i>	57
<b>Tabla 16:</b> <i>Costos por mantenimiento preventivo propuesto.</i>	57

## Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 01: Evolución de tipos de mantenimiento</i> .....	11
<i>Figura 02: Origen de la confiabilidad de componentes</i> .....	12
<i>Figura 03: Distribuciones de cargas y resistencias</i> .....	13
<i>Figura 04: Origen de las fallas</i> .....	14
<i>Figura 06: Parámetros de funcionamiento</i> .....	27
<i>Figura 07: Categorías de modos de falla</i> .....	28
<i>Figura 08: Curva e intervalo P-F</i> .....	33
<i>Figura 09: Intervalo P-F Neto</i> .....	34
<i>Figura 10: Diagrama de Flujo del RCM</i> .....	39

## **Resumen**

La presente investigación tiene como objetivo aumentar la disponibilidad de los equipos, pero basados en la confiabilidad que ellos presentan así se determinó que elementos con el mantenimiento actual que brinda la empresa tienen una baja confiabilidad estos elementos se proponen para un mantenimiento según manual para determinar su aumento de su disponibilidad logrando establecer dicho aumento con un costo menor al que tiene el mantenimiento actual. Como resultados se ve un aumento de disponibilidad en todas las maquinas seleccionadas en intervalos de 1% a 2% siendo este aceptable ya que la disponibilidad de los equipos es alta.

**Palabras clave:** Confiabilidad, Mantenimiento, Disponibilidad.

## **Abstract**

The purpose of this research is to increase the availability of the equipment, but based on the reliability they present, it was determined that elements with the current maintenance provided by the company have low reliability, these elements are proposed for maintenance according to manual to determine their Increase in its availability, establishing this increase at a lower cost than the current maintenance. The results show an increase in availability in all the selected machines at intervals of 1% to 2%, being this acceptable since the availability of the equipment is high.

**Keywords:** Reliability, Maintenance, Availability.



## **I. INTRODUCCIÓN**

La empresa minera Coimolache S.A. Es una empresa asociada y gerenciada por Buenaventura que se dedica a la producción de oro a tajo abierto. La mina fue descubierta por Buenaventura; ubicada en los distritos de Hualgayoc y Chugur, en la provincia de Hualgayoc, región Cajamarca. Inició sus operaciones en el año 2011. (Buenaventura, 2017)

Compañía minera Coimolache S.A. Cuenta con distintas área de trabajo, de las cuales el área de laboratorio químico es una de las principales para determinar la calidad del producto y el análisis de sus procesos en la producción del mineral, este laboratorio aunque cuenta con maquinaria especializada no mantiene un plan de mantenimiento; por lo que solo se centra en un mantenimiento correctivo o por falla, teniendo en determinadas oportunidades los equipos con tiempos muertos.

Esto genera cuantiosas pérdidas a la empresa ya que la producción de la mina no para y el laboratorio es indispensable para el trabajo, Es por ello que surge la necesidad de implementar el diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos y asegurar una alta eficiencia en el proceso.

La justificación de esta investigación radica en que la implementación de un plan de mantenimiento para los equipos del laboratorio de la minera. Se realizará por medio de un análisis específico de las fallas que presenta el actual sistema, buscando mejorar la ejecución del mantenimiento de una manera detallada por medio del empleo de criterios adecuados para su aplicación.

Económicamente se justifica ya que es el objetivo principal de la investigación el plantear un sistema que conlleve a aumentar la disposición de la maquinaria lo que conlleva a un ahorro en los costos del mantenimiento. Erradicar gastos es uno de los principales objetivos del mantenimiento prever fallas para subsanarlas con el menor costo posible solo puede ser dado si se tiene un buen sistema de mantenimiento.

Ambientalmente se justifica, ya que al aplicar un mantenimiento oportuno se evita los derrames de grasas y aceites al ambiente por fugas en sellos o retenes, reduciendo la contaminación ambiental y disminuyendo los impactos ambientales negativos.

Aplicando un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, se reducirá los gastos por mantenimiento correctivos, incrementando la productividad de la compañía minera Coimolache S.A, reflejándose en ahorro de costos del área, generando más porcentaje de utilidades para los trabajadores de la empresa, beneficiando a sus familias.

La hipótesis planteada es: “Si se diseña un sistema de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad entonces se incrementará la disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache – Hualgayoc 2019”.

El objetivo del estudio es diseñar un sistema de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad entonces se incrementará la disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache – Hualgayoc 2019.

Teniendo como objetivos Específicos:

- Determinar la confiabilidad actual los equipos del laboratorio en la empresa.
- Proponer un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos del laboratorio.
- Evaluar la mejora de disponibilidad de los equipos de laboratorio.
- Realizar análisis de costos.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Realidad Problemática**

#### **Internacional**

A nivel internacional la correcta interpretación del mantenimiento es uno de los más grandes problemas que enfrenta esta área, ya que muchos empresarios no ven lo que realmente aborda el tema de mantenimiento la dirección que le dan a sus activos es sol de producción y corrección cuando se origina alguna falla lo que descuida los aspectos de administración, gerencia y planificación de las actividades de manteamiento, la idea de aplicar mantenimiento debe entenderse como una buena gestión de activos para la empresa, el concepto que se tiene del mantenimiento debe de cambiar si es que el desarrollo industrial es la meta de la empresa ya que esto volverá a la industria cada vez más competitiva y productiva a nivel mundial (El portafolio de enseñanza aprendizaje y evaluacion en el practicum: percepciones de todos los estudiantes, 2017 pág. 4).

El mantenimiento se puede definir como un conjunto de técnicas orientadas a mantener el mayor tiempo posible de una manera conservada los activos de la empresa es decir las instalaciones y equipos que en ella están, en la actualidad muchas empresas todavía no aceptan este concepto de mantenimiento aun teniendo muchas pruebas de que la evaluación del mantenimiento da resultados como cultura empresarial y siguen estancadas en una época de la historia donde el mantenimiento moderno no ha llegado. Los conceptos que se manejan en muchas empresas que como se menciona no han podido evolucionar en concordancia con las teorías de mantenimiento es la aplicación de mantenimiento correctivo lo que indica la reparación de averías, así se puede ver que no son los encargados del mantenimiento los que indican que debe hacerse con la maquina sino la maquina en si ya que dispone del personal cada vez que lo requiere no cuando se le debe hacer, aunque es penoso a cantidad de empresas que dedican su personal para la reparación es elevado. Tanto en

empresas pequeñas como grandes los responsables de mantenimiento son muchos los que creen que el análisis de fallos potenciales, la gestión del mantenimiento o el establecer un plan de mantenimiento programado son temas solamente conceptos teóricos y que no tiene importancia el aplicarlo al campo práctico ya que piensan que las industrias son áreas donde estos conceptos no son aplicables ya que estas personas se forman bajo el contexto que la rapidez de las reparaciones son las guías que deben estipular los objetivos de los departamentos de mantenimiento (Muñoz Abella , 2014 pág. 4).

El diagnóstico de los equipos y del área de mantenimiento de una compañía es importante para la elección de una metodología de mantenimiento acorde con las políticas y objetivos en relación a sus equipos y activos disponibilidad (Casas Roque, 2017 pág. 57)

### **Nacional**

En el Perú no se excluye la ideología que los planes de mantenimiento son una pérdida de tiempo, la Constructora Obráis justamente sufre de este enfoque y es este el principal problema en las paradas imprevistas de los activos que se deben a las fallas que ocurren con frecuencia en la maquinaria, lo que hace que el mantenimiento correctivo no planificado se incremente constantemente, la empresa tenía un mantenimiento preventivo que realmente no se enfocaba de manera relevante en la disminución de la vida útil de las máquinas, los repuestos de reparación y los costos que se sobrevaloraban por la velocidad a la que se requerían adquirir debido a que los mantenimientos correctivos se recitaban desarrollarlos de manera muy rápida para seguir con la producción de la empresa. Otras de las inconsistencias que perjudicaban a la empresa era la falta de capacitación al personal, así como el acondicionamiento para poder resolver las fallas de los equipos, el incumplimiento con la producción establecida también era un tema que se generaba de las paradas que se generaban por las fallas imprevistas, así se podía conjeturar que todas las acciones que perjudicaban de manera directa o indirecta a la empresa se daban por la

mala aplicación de los mantenimiento que se desarrollaban ya que se enfocaban en el inadecuado (Tuesta Yliquin, 2014 pág. 1).

Del mismo modo en la constructora Manfer SRL que es una empresa que dentro de sus mercados es el brindar trabajos de saneamiento utiliza una gran cantidad de maquinaria de excavación los cuales como se puede imaginar son sometidos a trabajos contantes y fuertes en terrenos muy agresivos, esta empresa cuenta con su propia maquinara la cual debe tener en disposición para cualquier trabajo que se presente así que debe contar con una buena administración de sus activos para cada obra que se presente, aquí es donde la paradas no pronosticadas debido a fallas producen un gran desbalance en la economía de la empresa ya que tienen el concepto errado de que el mantenimiento es sinónimo de reparación, estas paradas imprevistas tiene un gran impacto por el tiempo que se pierde en la reparación más que por el costo de la propia falla ya que como una empresa constructora tienen que respetar el tiempo para poder entregar la obra y sin cumplir con dicho tiempo se expone a penalidades y sobrecostos por horas extras para poder cumplir con los cronogramas (Villega Arenas, 2016 pág. 18).

### **Local**

En la compañía Minera Coimolache S.A. Que produce oro en una mina a tajo abierto es una empresa se gerencia y está afiliada a Buenaventura. La mina, que fue descubierta por Buenaventura, se ubica en los distritos de Hualgayoc y Chugur, en la provincia de Hualgayoc, región Cajamarca. Inició operaciones en 2011, siendo operada por Buenaventura. Y hasta el año 2018 tenía una producción constante de 500 mil onzas de oro, esta minera cuenta con un laboratorio químico donde se realizan las pruebas correspondientes para determinar la calidad de producto, este laboratorio aunque cuenta con maquinaria especializada no mantiene un plan de mantenimiento por lo que solo se centra en un mantenimiento correctivo teniendo en determinadas oportunidades la maquinaria en tiempo muerto por no estar a disposición del personal al estar esperando la corrección de

alguna falla. Esto genera cuantiosas pérdidas a la empresa ya que la producción de la mina no para y el laboratorio es indispensable para el trabajo que desempeña (Buenaventura, 2017 pág. 6).

## **2.2. Trabajos Previos**

En la investigación “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad y confiabilidad en máquinas circulares en la empresa textil WG SAC - Lima” presentada para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista se plantea como objetivo diseñar una plan de mantenimiento para aumentar la confiabilidad y disponibilidad a las máquinas de la empresa Textiles WG SAC ubicada en la ciudad de Lima; en sus conclusiones presenta siete indicadores el de requisitos para la documentación, control de documentos, medición y seguimiento de procesos, responsabilidad y autoridad, auditoria interna, disponibilidad y por ultimo confiabilidad. Según sus cálculos todos estos indicadores son muy bajos sobre todo los tres primeros que se mencionan aquí son de 0, solo el indicador de disponibilidad lleva a 820.3%. La propuesta desarrolla un aumento de todos aun de la disponibilidad llevándolo a un 16.47% más de los mencionado dejándolo en 98.5% (Cruz Ramos , 2016 pág. 13 ).

En la investigación “Implementación de la metodología de confiabilidad análisis de criticidad en los laboratorios clínico y de inmunología y biología molecular de la Universidad Industrial de Santander” que se expuso para optar el título de Ingeniero Mecánico, tuvo como objetivo identificar aquellos equipos críticos y así determinar mejoras en cuanto al mantenimiento que se les da a estos encargado de dicha actividad la división de mantenimiento tecnológico de la universidad en sus conclusiones resalta que la criticidad puede darse por niveles tanto que concluye en que de los 47 equipos los cuales fueron diagnosticados en el laboratorio de Inmunología y Biología solo 12 se determinaron graves sin embargo en el laboratorio clínico se encontró de los 62 equipos solo 2 críticos y 10

medianamente críticos, esta conclusión se da considerando en la evaluación la el impacto operacional, flexibilidad operacional y frecuencia de fallas recogiendo la data de encuestas a los técnicos y registros en el cuaderno de ocurrencias. La gran parte de los equipos eléctricos y electrónicos evaluados que se presentaron entre crítico y medianamente críticos arrojaron parámetros beta mayor de 1 las cuales corresponden a fallas tempranas de la curva de la bañera, mientras que los equipos mecánicos puramente también presentan fallas debido al envejecimiento y desgaste de piezas. Se ubica a los indicadores disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad como evaluadores de la gestión de mantenimiento ya que presentan una visión del estado en que se encuentra el departamento de mantenimiento (Quiños Cortes, 2015).

En la investigación “Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de los Equipos de Laboratorio Clínicos de la Empresa Jampar Multiplest Internacional SRL 2017” presentada para adquirir el título de Ingeniero Industrial cuyo objetivo fue proponer durante la operación la estandarización de tiempos los equipos con los que cuenta el laboratorio clínico, en sus conclusiones detalla que la disponibilidad se calculó después de ubicar los equipos críticos que en este caso fueron un Analizador Heamtologico y dos bioquímicos de diferente marca, lo que resulta del plan es un incremento de disponibilidad en cuanto a los diferentes equipos de tal forma que puedan funcionar de manera satisfactoria durante su proceso de operación, los principales problemas a los que se les debe brindar solución si al sistema d mantenimiento nos referimos ya que son los procedimientos de mantenimiento preventivo (cambio oportuno de los repuestos) y la estandarización de tiempo. La evaluación que conlleva a determinar que los cambios propuestos son congruentes o adecuados es el ahorro que se genera entre el presupuesto de mantenimiento actual y el generado con las mejoras propuestas (Gonzales Santillan, y otros, 2017 pág. 27).

En la investigación cuyo objetivo fue implementar un plan de mantenimiento basado en MCC en la Constructora Chamonte SAC. para su maquinaria que conforma el tren de asfalto, concluyendo que con el plan propuesto durante la investigación el mantenimiento reduciría un 30% en cuanto a tareas y que el recupero de la inversión se daría en 3 años. Se analiza el tiempo medio entre fallas (MTBF) el cual resulto muy corto entre las máquinas que conforman el tren de asfaltado lo que justificaba aún más la implementación de un nuevo plan de mantenimiento. La disponibilidad de las tres máquinas que conforman el tren son del 0.7, 0.5 y 0.7 para cada una determinando que estas están en una categoría muy aceptable de disponibilidad, debido a que son máquinas con mayor tiempo de antigüedad se deberá regenerar la disponibilidad, lo que se logró con el nuevo plan propuesto. Los trabajos de mantenimiento tendrán indicadores para medir la calidad de los trabajos de mantenimiento es el tiempo promedio entre paradas (MTBS) ya que mejorando este se mejora proporcionalmente la disponibilidad de la máquina y mejora la calidad de los trabajos de mantenimiento (Pardo Chavez, 2017 pág. 25).

En la tesis “Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de la empresa Terminales Portuarios SAC en el año 2017” presentado para obtener el título de ingeniero Industrial cuyo objetivo fue presentar un plan de mantenimiento para la empresa terminales Portuarios Peruanos SAC el cual mejore la disponibilidad de sus equipos y maquinas relacionados con su actividad principal para evitar los retrasos en las operaciones causadas por mal funcionamiento, en esta concluye que la no disponibilidad de los equipos o sistemas críticos generan retrasos en las operaciones y servicios que presta la empresa, estos pueden acarrear sobrecostos por penalidades y además reclamos y quejas por el servicio. El diseño de un plan de mantenimiento debe basarse en las necesidades de la empresa y ceñirse a su situación de la misma, la aplicación táctica de este se puede alejar de la realidad por lo que se puede considerar valido combinar metodologías diferentes y tomar las decisiones que más le convenga a la empresa. El



plan de mantenimiento propuesto enfocado en la disponibilidad contiene inventario y codificación de los equipos, determinación de la criticidad de sistemas y equipos, determinación de los modelos de mantenimiento, identificación de las fallas de los equipos y sus causa, clasificación de fallas de acuerdo a sus consecuencias para determinar las acciones a seguir, establecer las medidas preventivas y tareas para evitar la recurrencia de las fallas, identificar mejoras a las instalaciones si tienen relación con las fallas y realizar cambios en los procedimiento de operación y de mantenimiento (Casas Roque, 2017 pág. 20 )

## **2.3. Teorías Relacionadas al Tema**

### **2.3.1. Tipos de Mantenimiento.**

#### **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo son todas las acciones que se tienen que realizar cuando se requiere corregir un defecto que se haya presentado en un equipo o sistema lo cuales deben ser comunicados al departamento de mantenimiento si es que existen sino al encargado de las reparaciones correspondientes (Arenas Villegas, 2016 pág. 24).

#### **Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantenimiento es también un conjunto de acciones que se realizan cuando el sistema se va a volver vulnerable para que no aparezcan fallas de manera contundente en el momento menos oportuno, este tipo de mantenimiento es sistemático quiere decir que se realiza cuando el equipo no ha dado ningún síntoma de problema o falla (Arenas Villegas, 2016 pág. 25).

#### **Mantenimiento Predictivo**

Este tipo de mantenimiento engloba todas las acciones que se presentan cuando las dediciones se toman con respecto a la información que se tiene sobre le máquina tanto en la operatividad y el estado de dicho elemento. Para poder realizar este mantenimiento se identifican diferentes parámetros físicos en el proceso donde se involucra la maquina como son vibraciones,

consumo de energía, temperatura, sonido, etc. que si presentaran alguna variación indicaría que el elemento tiene algún motivo para ser intervenido. Este tipo de mantenimiento es el de mayor tecnología ya que requiere de medios técnicos muy avanzados y en ciertas ocasiones muy fuertes conocimientos físicos, matemáticos y/o técnicos (Arenas Villegas, 2016 pág. 29).

### **Mantenimiento Cero Horas**

Este tipo de mantenimiento agrupa las tareas que tienen como objetivo establecer revisiones y mantenimiento a intervalos programados antes que ocurra algún problema o falla en la máquina, ya sea cuando la fiabilidad del equipo reduce apreciablemente, de tal manera que resulte riesgoso hacer previsiones sobre su capacidad productiva. La revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, nos referimos que se dejaría al equipo como si este fuera nuevo. Todos los elementos sometidos a desgaste se sustituyen o se reparan. Se busca asegurar con una gran probabilidad un buen funcionamiento en un adecuado tiempo fijado de antemano (Arenas Villegas, 2016 pág. 24).

### **Mantenimiento en Uso**

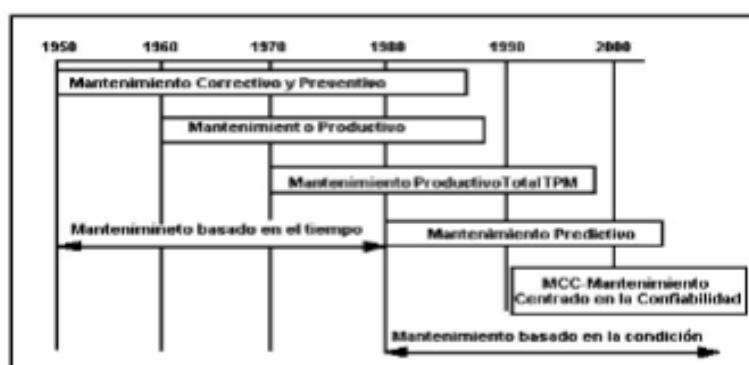
Este tipo de mantenimiento es un mantenimiento básico para la maquina o sistema que es realizado por los mismos operadores o el personal que trabaja con la maquina o sistema, las tareas son sencillas como limpieza, supervisión superficial, lubricación, inspecciones, sujeción de tornillos, etc. para estas tareas no se requiere una capacitación muy específica sino más bien experiencia o conocimiento cotidiano de la maquinas. Es este tipo de acciones es en lo que se basan metodologías de mantenimiento más complejas como el mantenimiento productivo total (Arenas Villegas, 2016 pág. 23).

### 2.3.2. Criterios.

#### Confiabilidad

Es la confianza que se tiene en un equipo, sistema o componente de que se desempeñará con sus funciones básicas, a través de un intervalo de tiempo predeterminado, con condiciones estándares de funcionamiento. También se le define como el ítem destaca la función solicitada para el intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas (Huancaya Mena , 2016 pág. 30).

*Figura 01: Evolución de tipos de mantenimiento*



Fuente: Huancaya Mena , 2016

A través de la siguiente expresión se da la confiabilidad de un equipo o producto:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

$R(t)$  : Confiabilidad de un equipo en un tiempo  $t$  dado.

$e$  : Constante Neperiana ( $e=2.303\dots$ )

$\lambda$  : Tasa de fallas (número total de fallas por periodo de operación).

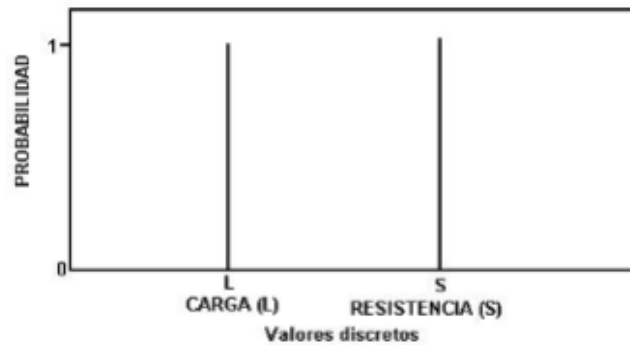
$t$  : Tiempo.

De manera general a la confiabilidad es una probabilidad de que no se presente una falla específica para una función definida con un nivel de confianza establecido.

### El costo de la confiabilidad en el mantenimiento

El aspecto económico no se debe olvidar ya que para establecer un sistema o equipo que tenga una confiabilidad adecuada se debe invertir según las proyecciones y premisas que se dispongan (Huancaya Mena , 2016 pág. 31).

*Figura 02: Origen de la confiabilidad de componentes*

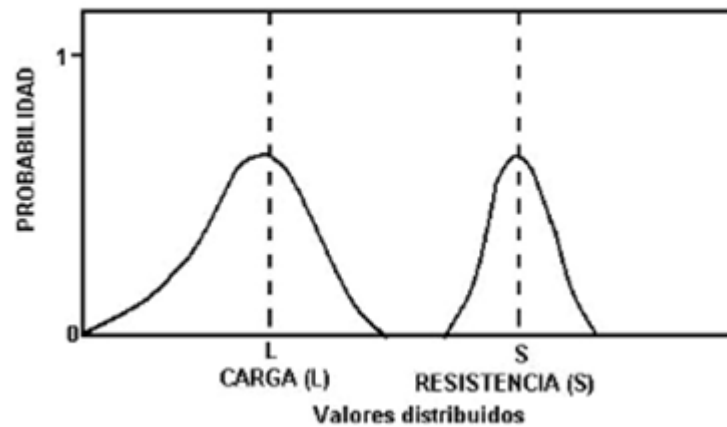


Fuente: Huancaya Mena , 2016

Como ejemplo de un aumento de confiabilidad es por el material, mientras más material se utilice en una maquina ampliando su espesor o mejorándolo, los equipos podrán tener una reserva sobre el esfuerzo que trabajan así si el diseño principal falla aún queda el refuerzo agregado para poder actuar como protección lo que se lograra invirtiendo para aumentar las condiciones de la máquina (Huancaya Mena , 2016 pág. 31).

Se puede apreciar también que debido a las condiciones de trabajo las maquinas no son específicas y se puede disminuir sus condiciones de seguridad si se tiene conocimiento exacto de las cargas con las que trabaja. (Espejo Gálvez , y otros, 2016 pág. 53).

Figura 03: Distribuciones de cargas y resistencias

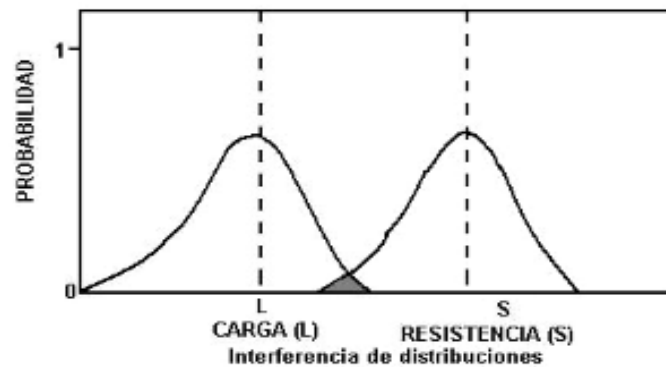


Fuente: Espejo Gálvez, y otros, 2016

Los coeficientes de seguridad en la actualidad son más conocidos y prácticos para poder utilizar coeficientes más bajos en aplicaciones. Pero para equipos, sistemas o procesos más delicados como aviones o centrales nucleares, los usos de coeficientes de seguridad son de valores altos por lo que una ampliación en este tipo de sistemas resulta muy costosa. Es por esto que la confiabilidad permite la creación de sistemas complejos donde la económica resulta ser un factor primordial (Espejo Gálvez , y otros, 2016 pág. 53).

La relación resistencia y carga es una variable que puede interferir en la maquina; lo que se entiende que en algún momento existe una carga superior a la resistencia del material, es en este punto que la condición de falla será irrefutable. Esta área de influencia es proporcional al número de fallas por máquina. Por lo que se resumen en que la tasa de falla es mayor si la interferencia también lo es. He aquí que se genera la fase de concepción de la falla definitiva que es donde el que diseña realiza una evaluación para cargas que se apliquen en este punto, así como para el número de aplicaciones o incidencias y el tipo de material utilizado (Espejo Gálvez , y otros, 2016 pág. 53).

Figura 04: Origen de las fallas



Fuente: Espejo Gálvez, y otros, 2016

### Disponibilidad

Este es el objetivo primordial del mantenimiento puede conceptualizar como la confianza que da el elemento o maquina o sistema al cual se le otorga el mantenimiento, que realice su función de manera satisfactoria por un intervalo de tiempo dado. Realmente la disponibilidad representa por el porcentaje de tiempo en que el sistema o maquina puede producir o trabajar de manera continua antes de la siguiente parada por falla o mantenimiento (Huancaya Mena , 2016 pág. 32).

Durante el diseño de una maquina la disponibilidad también debe ser tomada en cuenta ya que se debe de buscar un equilibrio entre esta y el costo que involucra todas las acciones y demás que incurre en ella. Contemplando los requisitos que involucra el diseño de la maquina o pieza el diseñador debe tener interacciones entre los indicadores de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad con el fin de reducir los costos totales en el ciclo de vida de la maquina o pieza. Es así como algunos de los equipos requieren uno de los indicadores en mayor grado que los otros lo que involucra que esta característica premie en el diseño (Nuñez Ingaroca , 2016 pág. 13).

**Tabla 01:** *Requisitos de algunos sistemas y enfoque de los indicadores.*

	Requisitos	Ejemplos
1	Alta confiabilidad Poca disponibilidad	Generación de electricidad Tratamiento de agua
2	Alta disponibilidad	Refinerías de petróleo Acerías
3	Alta confiabilidad Alta mantenibilidad	Incineradores hospitalarios
4	Disponibilidad basada en buena práctica	Procesamiento por etapas
5	Alta disponibilidad Alta confiabilidad	Sistemas de emergencia Plataformas petroleras

Fuente: Núñez, 2016

La representación o modelo matemático que se puede utilizar para determinar cuantitativamente la Disponibilidad es la relación entre el tiempo en que el sistema o equipo quedo disponible para trabajar (TMEF) y el tiempo que se determinó su reparación (TMPR) (Núñez Ingaroca , 2016 pág. 14):

$$D(t) = \frac{\sum \text{tiempos disponibles para la pcción}}{\sum \text{tiempos disponibles para la pcción} + \sum \text{tiempos en mto}}$$

ó

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

El TMPR o tiempo medio de reparación, en general depende de la frecuencia con que el sistema o equipos pueden pasar la etapa de mantenimiento, de las características del planeamiento y organización del mantenimiento y de la capacidad que tiene el profesional del área de mantenimiento para realizar dicha actividad (Núñez Ingaroca , 2016 pág. 15).

### **El mantenimiento como focalizado de la disponibilidad**

Las empresas líderes se enfocan no solo en que la confiabilidad es un resultado del esfuerzo en la reparación de falla sino que también se enfocan en que se deben eliminar las fallas que aparecen con constancia

es decir las fallas y establecen este criterio como un factor para aumentar su disponibilidad (Nuñez Ingaroca , 2016 pág. 15).

Para tener un concepto de cómo se debe enfocar el mantenimiento es establecer cómo deben ser tomadas las reparaciones, estas deben ser vistas de una forma diferente ya que no son esperadas, estas deben ser vistas como casos de excepción ya que son el resultado de deficiencias presentadas por que la política del mantenimiento en la empresa erro o se descuidó la gerencia del mismo. Así el determinar el análisis correcto y que este seguido del planteamiento sólido y estructurado de una mejora de confiabilidad es lo que se requiere para poder disminuir al trabajo que no es necesario. Una organización debe tener la dimensión para poder gerenciar todo el sistema que se dedica a monitorear la máquina que esté basado en la condición y tener una alta relevancia para eliminar las fallas (Nuñez Ingaroca , 2016 pág. 15).

### **2.3.3. Equipos para mantenimiento de un laboratorio químico.**

**Chancadora de quijadas:** El concepto básico de la trituradora de mandíbulas (chancadora de quijadas), comprende una placa de mandíbula fija adyacente a una placa de mandíbula móvil, en una configuración en V, que narra un espacio ajustable entre los bordes inferiores de las dos placas. La placa móvil oscila de un lado a otro, impulsada por un excéntrico eje pitman, alimentado por correas en V de un motor eléctrico estándar.

El material de muestra se introduce en la gran abertura superior de las placas de la mandíbula a través de una tolva y es aplastado por la placa oscilante de la mandíbula a medida que pasa a través del espacio estrecho hacia el fondo, dentro de un recipiente colector.

**Pulverizadora:** El LM2-P utiliza energía eléctrica para impulsar la plataforma del molino en un movimiento circular horizontal de aproximadamente 15 ciclos por segundo. Este movimiento se configura mediante un peso excéntrico girado dentro de la plataforma del molino. El disco de movimiento libre (disco) dentro del tazón de molienda en la



plataforma aplasta el material de sample contra las superficies internas del tazón para producir un sample del tamaño de tamiz requerido. El ajuste del tiempo de operación del molino es una influencia importante en el tamaño de las partículas producidas. Sin embargo, el tamaño de partícula también depende de las propiedades inherentes del material sample.

**Horno de secado:** La Serie de Hornos para Laboratorio han sido diseñados para secar asfalto, suelo, roca, concreto, agregado o materiales similares. Modelos disponibles en capacidades de 50, 120, 250, 500 y 750 litros. Rango de temperatura de ambiente hasta 200°C. El interior está fabricado de acero inoxidable y el exterior está fabricado robustamente de chapa de acero y pintado con pintura con recubrimiento en polvo. Todos los modelos tienen circulación por ventilador (convección forzada), equipado con una unidad de lectura y control digital y equipado con un termostato análogo para protección contra sobre temperatura. Los hornos para laboratorio vienen con 2, 3, 4 ó 5 estantes según la capacidad.

**Inyectores de aire:** Son fabricados mediante una estructura en perfiles y planchas de acero estructural, y tableros de doble plancha de 48mm o 27mm de espesor, protegidas con pintura epóxica. Los módulos tienen superficies interiores lisas, de esta manera facilitan la tarea de limpieza y mantenimiento. El conjunto está ensamblado sobre una base rígida, construida con perfiles de planchas tipo canales plegadas. Las puertas de acceso al igual que los paneles laterales, son sellados con la estructura por medio de bordes de empaquetadura sintética, en una sola pieza. Las puertas de inspección son construidas con bordes y sistemas de fijación interior. Las bisagras y cerraduras instaladas son de construcción robusta y confiable.

El diseño consiste en un módulo compacto que en su interior cuenta con una batería de filtros y un ventilador centrífugo de doble aspiración, seleccionado de acuerdo a los caudales de aire y contrapresión estática requerida. Rotor de alto rendimiento, balanceado estática y dinámicamente. Eje montado sobre caja partida porta rodamiento o chumacera completa.

La incorporación de un calefactor eléctrico es otra alternativa que se utiliza tratándose de una energía limpia.

**Extractores de aire:** El diseño consiste en un módulo compacto que en su interior cuenta con un ventilador centrífugo de aspiración, seleccionado de acuerdo a los caudales de aire y contrapresión estática requerida. Rotor de alto rendimiento, balanceado estática y dinámicamente. Eje montado sobre caja partida para rodamientos, impulsados por un motor eléctrico mediante poleas y correas en V. Según el material a extraer se configura con los siguientes sistemas:

**Sistema para colector de polvos:** Son instalaciones que controla la contaminación en el aire de manera eficaz, contemplando niveles de partículas de sólidos muy reducidos de acuerdo a las normativas previstas. Entre estos sistemas se utilizan los filtros de mangas que cuentan con estructuras metálicas cerradas y en su interior se colocan de elementos llamados “Filtrantes Textiles” que comúnmente tienen formas de tubos o mangas de aquí es donde recibe el nombre, estas se disponen en el filtro de manera vertical, así el gas o aire contaminado por sólidos es forzado a atravesarla perimiendo que la manga retenga estas partículas de polvo creando una capa de polvo en toda la manga, por lo que estas deben ser limpiadas constantemente, la limpieza se realiza mayor mente por sistemas automatizados desde el interior de la manga por pulsos de aire este método de limpieza se denomina filtración exterior, recibe este nombre porque las partículas se quedan fuera de la manga por los pulsos de aire limpio que ingresa en el interior de ella.

**Sistema de lavado de gases:** Estos sistemas se determinan de acuerdo a la necesidad que se tenga en cada diseño o cada proyecto, además que son sistemas que se utilizan para minorar la contaminación ambiental. Estos sistemas son muy utilizados para eliminar nieblas, olores, vapores y polvos, además de utilizarse para neutralizarse el gas. El fluido que se utiliza para el lavado debe ser cualquier fluido más denso que el gas que se va a lavar como aceite, agua o alguna solución alcalina que depende del elemento que se quiere retirar del gas. En cuando a gases ácidos el fluido

de mejor acción es el agua, aunque muchas veces se utiliza la solución alcalina.

**Compresoras:** Los compresores de tornillo de Atlas Copco son equipos que marcan la diferencia en términos de fiabilidad y rendimiento dentro de la industria del aire comprimido. Atlas Copco con los modelos GX y GA lleva la potencia y fiabilidad de los compresores de tornillo industriales a la pequeña y mediana empresa.

Los GX brindan reducido consumo de energía y la alta eficiencia de los compresores de tornillo rotativos. Comparados con los compresores de pistón que tienen un alto consumo de energía con el tiempo, los compresores de tornillo GX ofrecen siempre un buen rendimiento.

El control de arranque/parada estándar del GX 2-5 asegura que el compresor sólo consuma energía cuando se necesite aire comprimido.

El GX 7-11 está equipado con el eficiente control todo/nada para ahorrar energía. Monitorizando continuamente el tiempo de descarga, el controlador del compresor conmuta automáticamente al modo de control óptimo para un consumo de aire alto, bajo o intermitente. Esta característica inteligente supone importantes ahorros de energía para los clientes (Atlas Copco, 2008 pág. 2).

**Planchas de calentamiento:** Es una placa calefactora de laboratorio económica. El elemento aislante / calefactor de baja masa térmica del dedo del pie proporciona ciclos de trabajo rápidos, conservación de energía y mayor portabilidad de la placa calefactora.

- Aislamiento energéticamente eficiente.
- Tres elementos calefactores independientes, cada uno controlado por un interruptor de palanca montado en el panel de control principal.
- La ubicación exclusiva de los elementos calefactores proporciona una temperatura uniforme sobre la superficie de la placa superior en cada una de las tres configuraciones.

**Hot block:** Environmental Express HotBlocks proporciona un método eficiente de digestión y Almacenamiento de muestras de agua, aguas residuales, suelos y lodos para análisis de metales.

Estos innovadores sistemas de digestión permiten que las muestras se digieran sin corrosión. Además, las muestras se manejan en un área pequeña con un mínimo de pérdida de calor radiante. Los usuarios deben ser conscientes de los peligros potenciales de calentar ciertos tipos de compuestos. Dichos peligros pueden incluir la explosión o la liberación de sustancias tóxicas o gases inflamables.

**Horno de fundición:** El horno eléctrico de ensayo modelo 812 cuenta con las siguientes características:

- Control digital de temperatura de estado sólido con termocupla tipo K pareja con función especial, 485 Modbus y conexión LAN, permitiendo que la unidad sea controlada por computadora.
- Punto de ajuste dual, baja temperatura inactiva, que extiende la vida del refractario y de elementos calefactores.
- Controles de temporizador automáticos y manuales, digitales de 7 días, que se adaptan a cualquier programa de análisis.
- Revestimiento refractario de alta alúmina vibrocast, que facilita una repartición uniforme del calor.
- Ventilador y campana de extracción integral, con sistema de amortiguación tipo mariposa para un control de flujo de aire infinito para minimizar y / o prevenir la acumulación de óxido y el envenenamiento por metales pesados.
- Elementos de calentamiento de nicromo de sección transversal pesada, fácilmente reemplazables desde el frente.
- El reemplazo del revestimiento refractario se logra completamente a través de la abertura de acceso posterior.
- Elevación de aire <loor por botón o pedal de pie enchufable para maximizar el tiempo y permitir la automatización del ensayo.
- El movimiento de la puerta utiliza cilindros de aire de alta calidad ajustables en velocidad y un sistema de aire de última generación.

- Amperios medidores y manómetros instalados en el panel de control frontal para un control completo del usuario.

**Destilador:** Los destiladores de agua GFL de los tipos 2002, 2004, 2008 y 2012 con recipientes de almacenamiento producen destilado de alta pureza, sin gérmenes y sin pirógenos con una conductividad muy baja (aprox. 2.3  $\mu\text{S} / \text{cm}$  a 20°C). El destilado cumple con las regulaciones DAB y las regulaciones de farmacopeas internacionales.

**Funcionamiento:** Los alambiques de agua GFL 2002, 2004, 2008 y 2012 funcionan automáticamente. Después de encender el agua aún en el interruptor principal, la lámpara verde en el interruptor principal y la lámpara amarilla de control de funcionamiento se encienden. La válvula solenoide incorporada se abre. El agua fluye a través de la bobina de enfriamiento en el contenedor de almacenamiento y un regulador mecánico del nivel del agua, que determina el nivel del agua en el alambique. El agua no utilizada para la evaporación pasa por el drenaje de agua de refrigeración. Los calentadores tubulares se encienden y hierven el agua del alambique. Una protección termostática contra la escasez de agua protege el radiador tubular del funcionamiento en seco. El vapor de agua generado se pasa a través de un tubo guía de vapor a la bobina de enfriamiento, se condensa y gotea como destilado en el recipiente de almacenamiento. El nivel del agua en el recipiente de almacenamiento (recipiente derecho) se verifica mediante un electrodo de alambre. Si el contenedor está lleno, un controlador electrónico apaga la imagen fija. La válvula solenoide interrumpe el suministro de agua de refrigeración, los calentadores tubulares se apagan y se apaga la luz indicadora amarilla.

El destilado se elimina a través del grifo de plástico negro en el frente. Después de eliminar el agua destilada, el dispositivo se enciende automáticamente y se vuelve a llenar el recipiente de almacenamiento.

El dióxido de carbono resultante se escapa a través de una tubería de degasificación en la parte superior del dispositivo.

**Centrífuga:** El Thermo Scientific SL40 / 40R es un dispositivo de diagnóstico in vitro de acuerdo con la Directiva 98/79 / CE de diagnóstico in vitro. Se pueden usar varios rotores con tubos comerciales. La velocidad establecida se alcanza en segundos. El motor de inducción sin mantenimiento garantiza un funcionamiento silencioso y de baja vibración, incluso a altas velocidades, y garantiza una vida útil muy larga. El panel de control fácil de usar facilita la configuración previa de la velocidad, el valor RCF, el tiempo de funcionamiento, la temperatura y el perfil de funcionamiento (curvas de aceleración y frenado). Puede elegir entre la visualización de velocidad y RCF o el modo de entrada. Estos ajustes se pueden cambiar incluso mientras la centrífuga está funcionando.

El Thermo Scientific SL40 / 40R está equipado con varias características de seguridad:

La carcasa y la cámara del rotor consisten en una placa de acero, el interior de acero blindado, mientras que el panel frontal está hecho de plástico resistente a los golpes. La tapa está equipada con un puerto de visión y una cerradura.

La tapa de la centrífuga solo se puede abrir mientras la centrífuga está encendida y el rotor se ha detenido por completo. La centrífuga no se puede encender hasta que la tapa se haya cerrado correctamente. Los sistemas de detección de rotor integrados aseguran que no se puedan preseleccionar configuraciones de velocidad inadmisibles. Reconocimiento de desequilibrio electrónico

Liberación de emergencia de la tapa: solo para emergencias, durante fallas de energía.

**Sistema de extracción de gases AAS:** Ofrecen una gran eficiencia caudal-presión, en atmósferas donde el alto grado de sustancias corrosivas o explosivas disueltas en el ambiente, hacen imposible la colocación de extractores convencionales.

**Características:**

- Conjunto carcasa en una sola pieza fabricada en polipropileno.
- Rodete tipo álabes curvos adelantados.

- Opción de motor a prueba de explosión clase I grupo D.
- Bajo nivel sonoro.
- Motor estándar cerrado con protección IP55.

Los ventiladores fabricados en polipropileno resisten de 3 a 4 veces más que los fabricados en cualquier otro material (20 años en promedio).

El rodete impulsor se fabrica por inyección en polipropileno, para obtener la mejor resistencia a químicos corrosivos y una mayor duración.

Rodetes con álabes curvos hacia delante, balanceados estática y dinámicamente para un trabajo silencioso y una óptima entrega de prestaciones.

La succión y descarga son circulares y poseen diámetros normalizados.

Permiten cualquier tipo de instalación a ducto (Solerpalau, 2018 pág. 125)

**Estufa de Secado:** este equipo no es más que una estufa que se utiliza para esterilizar y secas los recipientes de metal y vidrio en el laboratorio. Aunque su nombre técnico es justamente horno de secado (Paquita Ninaraqui , 2015 pág. 16).

#### **Importancia de estufa de secado**

La importancia se establece en que todos los equipos para pruebas o exámenes de metal o vidrio deben estas secos y esterilizados, cuando estos provienen del área de lavado done se dirigen luego de haber realizado cualquier procedimiento. Para la acción de esterilizar se realiza en una temperatura de 180°C durante un tiempo de 2 horas, el cristal al ser calentado por aire a una alta temperatura, elimina cualquier riesgo que sobreviva algún microorganismo biológico y absorbe la humedad del utensilio (Paquita Ninaraqui , 2015 pág. 16).

Cuando se habla de un horno se entiende que es un horno que se usa para el laboratorio con más capacidad que una estufa este se utiliza para secar instrumentos o para deshidratar los reactivos de laboratorio. El horno puede ser programado para el aumento de temperatura de manera proporcional mediante la programación que se dé según el trabajo que se quiere realizar con él. La automatización de los hornos de laboratorio debe ser en muchos casos con errores pequeños ya que al estabilizarse a la

temperatura deseada este se deberá mantener en ella realizando un juego de prendido y apagado de la fuente de calor en muchos casos resistencias eléctricas, por lo que este debe contar con un pantalla o mecanismo de control donde se puede ver la lectura fácil del mismo, aunque existen hornos antiguos totalmente operativos que no tienen los mecanismos actuales que hacen de este equipo en la actualidad un elemento muy fácil de trabajar así como de error en el control muy pequeño (Paquita Ninaraqui , 2015 pág. 16).

### **Especificaciones técnicas**

La medida de volumen se entiende más por crisoles que pueda albergar los hornos de laboratorio tienen capacidades para 20 crisoles, aunque existen hornos de dimensiones más extensas que pueden albergas hasta 168 crisoles. En su mayoría están cubiertos por varias capas de asbesto que no permiten que el calor llegue al exterior del equipo y pueda poner en riesgo el experimento o la salud del operador. El horno como se dijo antes muchas veces tienen como fuente de calor resistencias eléctricas ubicadas en los laterales y la parte inferior del horno. Estas resistencias se encuentran sobre tabiques refractarios empotradas en paneles moldeados de fibra. También cuentan con ventilación sencilla mediante cilindros montados en la parte de arriba del horno. También tienen coberturas de goma donde podría colarse algún material extraño a la prueba mientras la puerta permanece abierta (Paquita Ninaraqui , 2015 pág. 16).

#### **2.3.4. Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.**

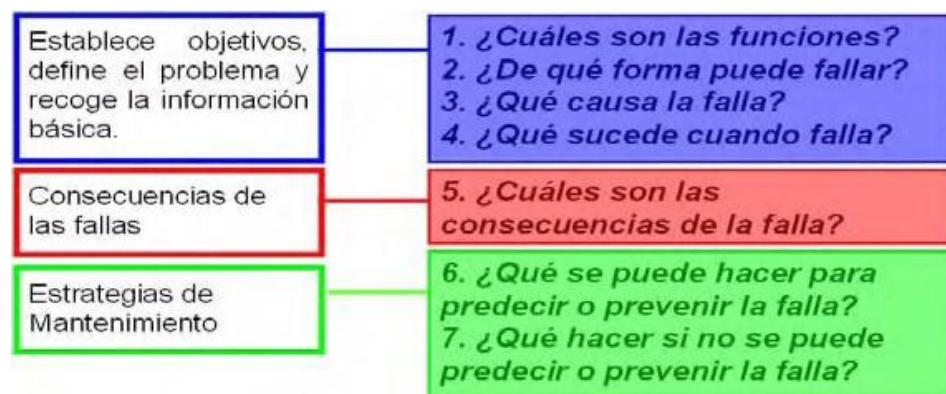
Visto dese la ingeniería existen dos elementos que se tienen para el uso de cualquier activo estos son que debe ser modificado cada cierto tiempo y que debe pasar por el proceso de mantenimiento. Consecuentemente a esto se puede entender que modificarlo significa cambiarlo de alguna manera y darle mantenimiento significa que se preserve en sus condiciones. Por lo que un concepto de mantenimiento se puede dar como el asegurar que los activos pueden seguir realizando las funciones por las que se adquirieron (Berredá Beltràn , 2015 pág. 15).



Ahora la utilización y el momento del uso del activo dependen de los requerimientos del usuario considerando a esos como su contexto operacional; si se tiene en cuenta lo definido se tiene la conceptualización del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, este es el proceso que se usa para poder establecer que necesidades de mantenimiento requiere en su contexto operacional cualquier activo (Berreda Beltràn , 2015 pág. 15).

Según lo definido anteriormente se puede lograr una definición más completa del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad como el proceso usado para establecer que se tiene que realizar para poder determinar que todo activo pueda continuar realizando las funciones por las que el usuario lo adquirió en su actual contexto operacional (Berreda Beltràn , 2015 pág. 15).

*Figura 05: Las 7 preguntas del RCM*



Fuente: B.S., 2002

Para poder realizar lo dicho anteriormente con respecto al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se requiere usar técnicas de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo (Berreda Beltràn , 2015 pág. 24).

### **2.3.5. Funciones.**

La definición que describa un activo debe consistir en un objeto, un parámetro y un verbo que determine su funcionamiento deseado, lo que tomando en cuenta el contexto operacional del activo deben ser descritos. Todo activo físico tiene más de una función en su mayoría tiene varias y

cada una de ellas debe ser determinada e identificada junto a sus características de función específicas. Estas se dividen en dos categorías las secundarias y las primarias (Ramon Reynoso , 2016 pág. 30)

### **Funciones primarias**

Estas son las funciones por las que el activo fue adquirido y es su función principal por la que este existe dentro del sistema. Estas funciones son muy fáciles de determinar es más el nombre de los activos que se tienen dan la idea de para que fueron adquiridos pues justamente el nombre se basa en su función principal (Ramon Reynoso , 2016 pág. 30).

### **Funciones secundarias**

Estas son las funciones que realiza el activo aparte de la principal, en las empresas se busca tener en muchos casos activos que cumplan más de una función, pero siempre se basan en una como principal el resto de funciones se engrasan en el concepto de función secundaria. Estas son mucho menos identificables que la principal en muchos casos requieren de más atención que las primarias y las fallas recurrentes en estas casi siempre terminan siendo de más gravedad que en la de su función principal por lo que deben ser claramente identificadas (Ramon Reynoso , 2016 pág. 30).

#### **2.3.6. Parámetros de Funcionamiento.**

El objetivo del mantenimiento es que se asegure a que todos los activos que contiene la compañía continúen realizando las funciones por las cuales se adquirieron, lo que se define como un parámetro mínimo de funcionamiento. Esto quiere decir que el funcionamiento puede ser definido de dos formas el primero como funcionamiento deseado que es el que el usuario quiere que la máquina realice y el funcionamiento para la capacidad inicial que es la función que la máquina puede hacer (Ramon Reynoso , 2016 pág. 26)

*Figura 06: Parámetros de funcionamiento*



Fuente: Moubray, 1997

Cuando un activo empieza a funcionar debe tener la capacidad de dar más que el parámetro mínimo que el usuario desea. Ahora bien los parámetros de funcionamiento se pueden dividir en varias categorías por ejemplo los parámetros de funcionamiento múltiple son las descripciones de función que vienen dentro de otros parámetros de funcionamiento, los parámetros cuantitativos que son los que se tienen que medir para cuantificarlos cuando sea posible y por último los parámetros absolutos que son una descripción que no está indicado en el ninguno de los parámetros funcionales lo que determina que este sea un parámetro absoluto del activo (Ramon Reynoso , 2016 pág. 30).

#### **2.3.7. El contexto operacional.**

Esta característica es la que muestra todas las condiciones con las que opera el activo y de manera directa es la que afecta todos los planes y formulaciones de estrategias para el mantenimiento empezando por la definición de funciones. Se tiene que tener en cuenta ciertos factores de importancia como los turnos de trabajo, la aplicación, las condiciones físicas del lugar y las sobrecargas (Ramon Reynoso , 2016 pág. 27)

#### **2.3.8. Fallas funcionales.**

Una falla se da en un activo cuando este no puede cumplir con la función para la que fue requerido. Una falla funcional puede tratarse de una falla en

una función del activo o también puede ser en la cual el comportamiento operacional del activo queda fuera de los parámetros de funcionamiento determinado. Por lo tanto, se puede determinar una falla como la pérdida de una función específica y no como la falla de todo el activo. Siendo esto se aplica a las funciones individuales el concepto de falla funcional se da como la incapacidad de cualquier activo de poder realizar sus funciones según el parámetro establecido por el usuario (Ramon Reynoso , 2016 pág. 27).

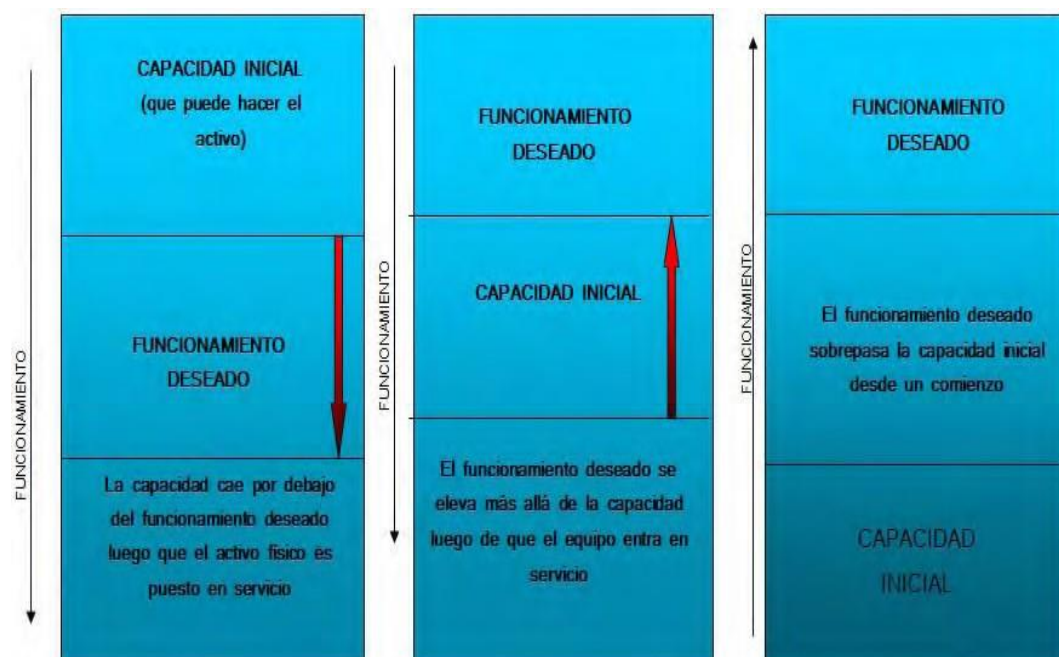
### 2.3.9. Modos de falla.

Esto puede definirse como todo evento que puede ser motivo de una falla funcional. La descripción correcta de una falla debe ser por medio de un sustantivo y un verbo (Ramon Reynoso , 2016 pág. 28)

#### Categorías de modos de falla

Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos:

*Figura 07: Categorías de modos de falla*



Fuente: Moubray, 1997

Capacidad bajo el funcionamiento deseado: Fallas de lubricación (falla y falta del lubricante), deterioro (corrosión, fatiga, degradación, erosión, evaporación, abrasión, etc.), suciedad o polvo, errores humanos (reducción de capacidad), desarme (falla en: uniones, soldaduras, bulones, remaches, conexiones, etc.). Capacidad por sobre el funcionamiento deseado: el aumentar la capacidad de la maquina por sobre la capacidad de la misma da como consecuencia que el activo no podrá llegar a responder de manera adecuada causando un incremento en el deterioro de la maquina acortando su vida útil hasta el punto en que el activo deja de ser útil por reducir su confiabilidad. Capacidad Inicial fuera del rango desde el inicio: se da cuando en algunas situaciones donde la capacidad del activo esta fuera del rango que se requiere desde un principio de su instalación (Ramon Reynoso , 2016 pág. 28).

### **Cantidad de Detalle**

Este afecta de manera profunda la cantidad de tiempo que requiere hacer el análisis de falla y la validez del mismo. Se puede llegar a un análisis peligroso y/o superficial si no se tiene detalles de los modos de falla. Por lo contrario si se tiene demasiado detalle de las fallas hace que el proceso de mantenimiento se realice en más tiempo del requerido. Lo que evidencia que es necesario tener un equilibrio correcto (Ramon Reynoso , 2016 pág. 29).

#### **2.3.10. Efectos de las fallas.**

Durante la implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad se debe realizar una lista de lo que sucede cada vez que ocurre una falla. Eso se determina como efecto de falla. Al describir los efectos de la falla se debe incluir debe registrarse toda la información que incurre cuando esta se presenta estableciendo todas las consecuencias que ocurran (Ramon Reynoso , 2016 pág. 29).

El registro debe constar con la evidencia que se ha generado una falla debe determinar si esta falla para los operarios será evidente para que

paren sus funciones cotidianas. Se debe indicar también que es lo que la precede como por ejemplo fuego, ruidos, fugas de fluido, humos, si se detiene el equipo o cualquier precedente que demuestra que va a ocurrir la falla. Si se trata el equipo de un dispositivo de seguridad debe detallarse que pasaría si el equipo falla es decir debe estar registrado las consecuencias en el proseo o en el personal por la falla del equipo (Ramon Reynoso , 2016 pág. 29).

También debe registrarse como es que la falla presenta una amanezca al medio ambiente o a la seguridad del personal, debe señalarse que una persona puede lesionarse o fallecer, también puede darse el caso que al ocurrir la falla se infrinja alguna norma o reglamento de seguridad ambiental produciendo impactos negativos al medio ambiente (Ramon Reynoso , 2016 pág. 29)

También se debe registrar como es que esta falla afecta a las operaciones debe tenerse registro de cuanto y como afecta el proceso al detener una maquina o varias de ellas creando una interrupción al proceso (Ramon Reynoso , 2016 pág. 29)

### **Fuentes de Información sobre modos y efectos**

Las fuentes más comunes de información acerca de los efectos de las fallas y modos de fallas pueden ser los usuario de la máquina, también puede resultar útil la información del proveedor o fabricante, el personal de mantenimiento también debido a sus labores deben tener datos de importancia y si se tiene la iniciativa en la empresa en los cuadernos de ocurrencias deben haber anotaciones de los registros de fallas ocurridas (Ramon Reynoso , 2016 pág. 29)

Las fuentes de información mencionadas son de gran importancia durante el proceso de implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad, pero no deben ser limitantes ni absolutas ya que no siempre

se podrá adecuar los parámetros funcionales, las funciones y el contexto operacional del activo analizar (Ramon Reynoso , 2016 pág. 29).

#### **2.3.11. Fallas ocultas.**

Existe un tipo de falla que se denomina evidente y es cuando esta al final o de manera inevitables terminara siendo evidente para los trabajadores en circunstancias normales de operación. No obstante, no son las únicas que se presentan el otro lado de la moneda en este sentido es que algunas fallas que se presentan de manera agazapada o oculta donde nadie sabe que están presentes hasta que se produce otra falla que esta si será evidente, es decir que la falla oculta no es evidente para los trabajadores en circunstancias normales y se produce por si misma (Yupanqui Ganados , 2016 pág. 21).

#### **Fallas ocultas y dispositivos de seguridad**

Los dispositivos de protección o seguridad funcionan de cinco maneras primero estos alertan de las condiciones anormales en la función de los equipos o sistemas, detienen el equipo o sistema en caso de que ocurra una falla, tomar el control de una función que ha dejado de funcionar, aliviar o eliminar las condiciones que aparecen originadas de una falla que si persisten podrían causar daños serios al proceso y prevenir situaciones peligrosas (Ramon Reynoso , 2016 pág. 30).

#### **Prevención de la falla oculta**

Para prevenir una falla múltiple se debe asegurar que una función oculta del activo este protegido si es que falla o que no esté en estado de falla. Se debe dar la disponibilidad necesaria para disminuir la posibilidad de que se origine una falla múltiple a un nivel que se pueda soportar, por lo tanto para descartar fallas ocultas es necesario y merece la consideración el realizar tareas de seguridad proactivas si esto asegura el riesgo de que se produzcan fallas múltiples a nivel tolerable (Ramon Reynoso , 2016 pág. 31).

Bien puede suceder el caso que no es posible determinar una adecuada situación para poder evitar que se origine una falla oculta, aun así es posible disminuir el riesgo de una falla múltiple manteniendo una revisión de la función oculta de manera periódica para determina su funcionabilidad. Se puede llegar a tener altos niveles de disponibilidad si la revisión es con frecuencias razonables y si corrigen las funciones al descubrir que la falla oculta se presenta (Ramon Reynoso , 2016 pág. 31).

#### **2.3.12. Consecuencias de las fallas.**

Las consecuencias que trae la ocurrencia de una falla se clasifican en cuatro categorías primero tenemos las pérdidas generadas por consecuencia de una falla oculta que es evidente para los usuarios durante su operación, otra consecuencia cuando la falla genera un daño sobre el medio ambiente o el personal, cuando la consecuencia de la falla afecta la calidad del producto, el volumen de producción, incrementa el costo de operación o disminuye la calidad del servicio al cliente se tienen consecuencias de fallas operacionales, cuando las consecuencias de las fallas se tienen solo costos directos en reparación se consideran consecuencias no operacionales (Ramon Reynoso , 2016 pág. 30).

#### **2.3.13. Tareas proactivas.**

Estas son actividades que se comienzan o se ejecutan antes que se presente una falla con el único objetivo de prever que el componente llega a estar en estado de falla. Se engloba aquí lo que normalmente se denomina mantenimiento predictivo y preventivo, aunque el mantenimiento basado en la confiabilidad utiliza los terminas de sustitución cíclica, mantenimiento a condición y reacondicionamiento cíclico (Yupanqui Ganados , 2016 pág. 29).

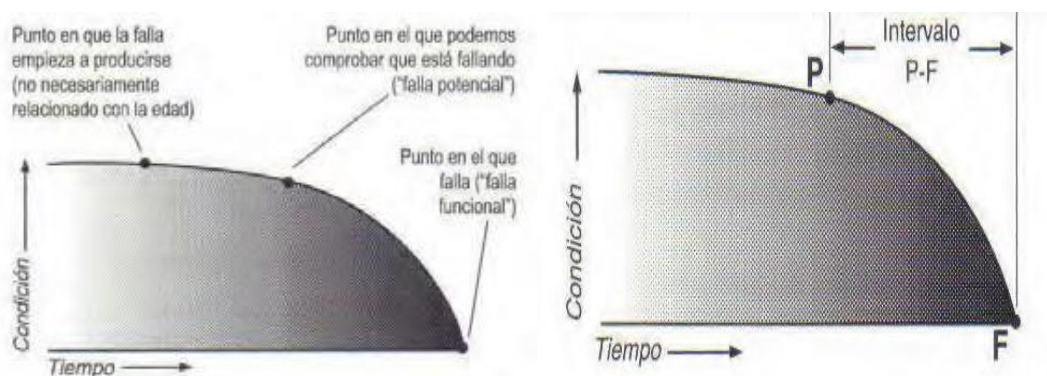
Una tarea proactiva es técnicamente factible si es que esta tarea anticipa o prevé la falla en cuestión. Para determinar si una tarea proactiva es técnicamente o no factible depende de la propia tarea y las características técnicas del modo de falla. Una tarea proactiva solo se determina en la



necesidad de realizar es esta resuelve adecuadamente las consecuencias de la falla que trata de evitar que aparezca. Lo que establece que es posible prevenir o anticipar la falla. Por lo tanto se repite que una tarea proactiva es factible de realizarse o no solo por la dependencia de la falla que pretende evitar y las características propias de la tarea (Ramon Reynoso , 2016 pág. 32).

**Falla potencial.-** Otro aspecto que se debe tocar es la llamada una falla potencial que es un punto en el proceso de aparición de la falla en la que se posibilita el detectar si la falla esta por ocurrir o si está ocurriendo, dicho de otra manera una falla potencial es un punto identificable que determinar que una falla funcional está en proceso de ocurrir o a punto de ocurrir (Ramon Reynoso , 2016 pág. 32).

*Figura 08: Curva e intervalo P-F*



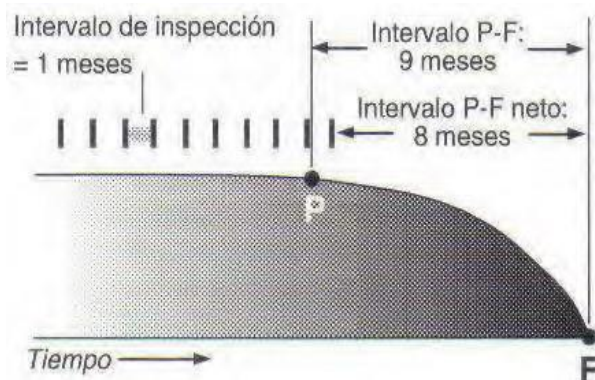
Fuente: Moubray, 1997

**El intervalo P-F.-** Aparte de conocer que es una falla potencial, se dónde saber también el intervalo de tiempo en que una falla potencial se transforma en una falla funcional el intervalo P-F permite determinar con qué frecuencia se tiene que hacer las tareas proactivas. Si se desea encontrar las fallas potenciales antes que evoluciones en falla funciones el tiempo de revisión debe ser menor al intervalo P-F. Prácticamente de manera general basta con establecer un intervalo entre tareas proactivas

igual a la mitad del intervalo P-F ese lleva el nombre de intervalo P-F neto (Càrdenas Parra, 2014 pág. 40 ).

**Intervalo P-F neto.** - Este nombre se le da al mínimo intervalo de tiempo que puede transcurrir entre el descubrimiento de una falla potencia y que acontezca una falla funcional. Como ejemplo se puede mencionar si una falla se muestra en un intervalo P-F es de nueve meses el intervalo de supervisión mensual daría un intervalo P-F de 8 meses, ahora bien las tareas que se planifican son para poder establecer si existe la aparición de fallas potenciales que permiten preveer una falla funcional o en el peor de los casos prevenir una falla funcional (Càrdenas Parra, 2014 pág. 40 ).

*Figura 09: Intervalo P-F Neto*



Fuente: Moubray, 1997

**Tareas de reacondicionamiento cíclico.** - estas tareas se realizan con frecuencia con la intención de poder reacondicionar un componente o pieza existente a su estado original de cuando fue adquirido. Un concepto muy específico para esto sería son las tareas que se realizan para reconstruir una pieza o realizar una reparación a alta escala de un conjunto de piezas de una maquina independiente de su condición en ese momento (Reinoso Briceño , 2017 pág. 55).

La frecuencia de reacondicionamiento cíclico es la frecuencia condicionada por el que el componente o la pieza muestra un incremento rápido en la

posibilidad de aparecer la falla. Las tareas de reacondicionamiento cíclico son definidas sobre la información de antecedes históricos confiables (Reinoso Briceño , 2017 pág. 55).

Un reacondicionamiento cíclico es factible si se puede identificar una edad razonable en el que la pieza exponga un incremento rápido en la posibilidad condicional de falla o que la gran parte de las piezas sobrevida a esta edad, se busca restaurar la resistencia original de la pieza a la falla (Reinoso Briceño , 2017 pág. 55).

Puede parecer que una pieza o maquina no merezca la pena realizar en ella un reacondicionamiento cíclico, aunque será técnicamente factible por que se vea o se entienda que otras tareas sobre ella tendrán mayor efectividad. Entonces se debe tener en cuenta que algunos de los motivos para no realizar un reacondicionamiento cíclico es que la reducción del número de fallas no sea suficiente, otro motivo seria si la consecuencia que tiene la falla para el medio ambiente y la seguridad no son tan graves, o porque se necesita eliminar las fallas en su totalidad (Reinoso Briceño , 2017 pág. 55).

Ahora bien, si las consecuencias de un reacondicionamiento cíclico son económicas se requiere estar muy seguros de que en el transcurso de un intervalo de tiempo el costo de ejecutar estas tareas es menor al costo que habrá si ocurre la falla (Reinoso Briceño , 2017 pág. 56).

**Tareas de sustitución cíclica.** - Estas tareas de sustitución corresponden a descartar un elemento o componentes antes o en el límite determinado de manera independiente de su situación en ese instante. El objetivo de esta actividad es reemplazar un componente viejo por otro y así regresar a la maquina a su condición inicial (Reinoso Briceño , 2017 pág. 56).

Al igual que las otras actividades esta también tiene una frecuencia que se debe repetir de manera cíclica y está determinada por la edad que tiene el

elemento o pieza lo que se determina porque este muestra una gran posibilidad de incurrir en una falla funcional (Reinoso Briceño , 2017 pág. 56)

#### **2.3.14. Acciones “a falta de”.**

En este título se presenta lo que se debe tener en cuenta cuando no se tiene una actividad proactiva adecuada para una falla, lo primero que se debe realizar es revisar las acciones que se toman cuando se busca una falla para después de esto considerar un rediseño (Yupanqui Ganados , 2016 pág. 29).

#### **Búsqueda de falla y fallas múltiples**

Estas acciones se realizan buscando una función de alguna pieza que no se puede apreciar a simple vista a tiempos regulares para ver si esta ha fallado. El concepto de falla múltiple se toma cuando una ocurre alguna falla cuando un dispositivo de protección está en estado de falla y no puede detectarla. Esto se reduce cuando se aumenta la disponibilidad de los equipos de protección (Ramon Reynoso , 2016 pág. 32).

#### **Aspectos técnicos de la búsqueda de falla**

La búsqueda de falla tiene como objetivo el dar tranquilidad, en cuanto a que un elemento de protección siga proporcionando dicha protección cuando sea necesario, es decir que las tareas para búsqueda de falla lo que realizan es el chequeo del dispositivo de protección (Ramon Reynoso , 2016 pág. 18).

#### **Conceptos Asociados al análisis de confiabilidad**

Para poder diseñar un sistema eficiente de mantenimiento se debe tener una comprensión de un nivel muy bueno sobre las fallas que acoge a los equipos. Debido a que las fallas no se pueden predecir ya que son eventos aleatorios se deben utilizar herramientas estadísticas de manera que se puedan controlar y aumentar los indicadores de confiabilidad. Las actividades de los mantenimientos preventivos y correctivos están basadas

en el intervalo P-F, para determinar los parámetros de búsqueda de fallas, es aquí que deben tomarse en cuenta tanto la confiabilidad como la disponibilidad (Mendoza García , 2016 pág. 42)

### **Tiempo medio entre fallas (MTBF) o confiabilidad**

Este es un indicador que muestra o permite la medición de que tan frecuentes son las fallas promedio, lo que hace que este indicador sea una forma de medir la confiabilidad de los dispositivos o equipos (Flores Marcelo , 2015 pág. 43)

$$MTBF = \frac{\#Equipos \times Tiempo\ operativo}{\#De\ fallas}$$

### **Disponibilidad (DISP)**

Este es un indicador que se puede determinar como la cantidad de tiempo que el equipo o pieza está operativo, o que se encuentre en condiciones disponibles para opera en el momento que se requiera. Las unidades para poder medir este indicador son el tiempo en horas o días u otra cantidad en el mismo orden que estas. (Yupanqui Ganados , 2016 pág. 23).

$$DISP = \frac{Tiempo\ de\ Operación - Tiempo\ de\ Parada}{Tiempo\ de\ Operación}$$

### **Intervalos de búsqueda de falla (FFI)**

En inglés Failure Finding Interval y está dado por la expresión:

$$FFI = 2 \times (100\% - Disp\%) \times MTBF$$

### **Factibilidad técnica de búsqueda de falla**

Para que una tarea de búsqueda de falla sea técnicamente factible, debe ser posible realizarla sin aumentar el riesgo de la falla múltiple, y debe ser práctico realizar la tarea en el intervalo requerido. La búsqueda de falla es técnicamente factible si (Mendoza García , 2016 pág. 31):

- Es posible realizar la tarea.
- La tarea no incrementa el riesgo de una falla múltiple.
- Es práctico realizar la tarea al intervalo requerido.

El objetivo de una tarea de búsqueda de falla es disminuir la probabilidad de la falla múltiple asociada con la función oculta a un nivel tolerable. Solo merece la pena realizarla si logra este objetivo. Si se ve que una tarea de búsqueda de falla no es técnicamente factible o no merece la pena realizarla, hemos agotado todas las posibilidades que pueden permitirnos obtener la prestación deseada del activo. Esto nos condiciona a las consecuencias de la falla múltiple como sigue (Mendoza García , 2016 pág. 47).

Si no puede encontrarse una tarea de búsqueda de falla apropiada y la falla múltiple podría afectar la seguridad o el medio ambiente: algo debe cambiarse para que la situación sea segura. Entonces el rediseño es obligatorio (Mendoza García , 2016 pág. 47).

Si no puede encontrarse una tarea de búsqueda de falla y la falla múltiple no afecta la seguridad ni el medio ambiente: entonces es aceptable (Mendoza García , 2016 pág. 47).

### **Ningún mantenimiento programado**

Sólo es válido si:

No puede encontrarse una tarea cíclica apropiada para una función oculta, y la falla múltiple asociada no tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente (Reinoso Briceño , 2017 pág. 56).

No puede encontrarse una tarea proactiva que sea eficaz en cuanto a costos para fallas que tienen consecuencias operacionales o no operacionales (Mendoza García , 2016 pág. 31).

## Rediseño

El rediseño es cualquier tipo de cambio en las características de un elemento de un equipo. Esto quiere decir que todas las acciones o cualquiera de ellas que sea para realizar una alteración o cambio en una lista de piezas o en un plano de una maquina se puede definir como un rediseño. En esto también se puede incluir el agregado de un nuevo elemento, el cambio de la especificación de una nueva pieza, el cambio de ubicación de un elemento o el cambio de una maquina completa por una diferente en un sistema (Nicho Barrera , 2017 pág. 19).

## Diagrama de Flujo del RCM

En la figura 10 se puede observar el diagrama de flujo que debe tener un mantenimiento basado en la confiabilidad este cuenta con cuatro procesos que son la definición de funciones, la identificación del sistema, la identificación de las consecuencias de las fallas, la definición de las fallas y los modos de falla y (Casachagua Davila , 2017 pág. 47)

*Figura 10: Diagrama de Flujo del RCM*



Fuente: Pérez, 1997.

## 2.4. Formulación del Problema

¿El diseño de un sistema de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad podrá incrementar la disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache – Hualgayoc 2019?

## **2.5. Justificación del Estudio**

### **Técnica**

La justificación de esta investigación radica en que la implementación de un plan de mantenimiento para los equipos del laboratorio de la minera. Se realizará por medio de un análisis específico de las fallas que presenta el actual sistema, buscando mejorar la ejecución del mantenimiento de una manera detallada por medio del empleo de criterios adecuados para su aplicación.

### **Económica**

Económicamente se justifica ya que es el objetivo principal de la investigación el plantear un sistema que conlleve a aumentar la disposición de la maquinaria lo que conlleva a un ahorro en los costos del mantenimiento el cual se lleva a cabo con ningún criterio, el mantenimiento actualmente viene a ser dado por la importancia que genera en la maquinaria y equipos, para que estos se desempeñen en sus áreas de manera adecuada así conseguir un aprovechamiento a beneficio costo. Para asentar este punto cabe recalcar que una maquina con un mantenimiento no adecuado no se desempeña a su mejor capacidad y la vida útil se deteriora aceleradamente lo que conlleva un gasto enorme a la empresa con función del tiempo. Erradicar estos gastos es uno de los principales objetivos del mantenimiento prever fallas para subsanarlas con el menor costo posible solo puede ser dado si se tiene un buen sistema de mantenimiento.

### **Ambiental**

Ambientalmente se justifica, ya que al aplicar un mantenimiento oportuno se evita los derrames de grasas y aceites al ambiente por fugas en sellos o retenes, reduciendo la contaminación ambiental, por otra parte los aceites residuales o grasas degradadas se almacenarán en contenedores adecuados y rotulados para su posterior tratamiento, de esta manera evitaremos lubricantes mal tratados o vertidos directamente al medio ambiente, disminuyendo los impactos ambientales negativos.



## **Social**

Aplicando un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad, se reducirá los gastos por mantenimiento correctivos, incrementando la productividad de la compañía minera Coimolache S.A, reflejándose en ahorro de costos del área, generando más porcentaje de utilidades para los trabajadores de la empresa, beneficiando a sus familias.

### **2.6. Hipótesis**

Si se diseña un sistema de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad entonces se incrementará la disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache – Hualgayoc 2019.

### **2.7. Objetivos**

#### **General**

Diseñar un sistema de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad entonces se incrementará la disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache – Hualgayoc 2019.

#### **Específicos**

- a) Determinar la confiabilidad actual los equipos del laboratorio en la empresa.
- b) Proponer un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos del laboratorio.
- c) Evaluar la mejora de disponibilidad de los equipos de laboratorio.
- d) Realizar análisis de costos.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

**Aplicada** ya que los conocimientos adquiridos en esta investigación pretenden solucionar un problema práctico.

**Descriptiva** ya que los datos se recogerán tal y cual ocurren por observación directa.

##### Diseño

**No experimental** no se manipularán las variables.

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### Variable independiente

Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad.

##### Variable dependiente

Disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache.

##### Operacionalización de variables

**Tabla 02: Operacionalización de Variables**

Variables independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad	El Mantenimiento está definido por la EFNMS (Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento como: "El conjunto de actividades técnicas y	Mantenimiento programado	Horas	Razón
			Frecuencia	
		Eficacia del mantenimiento aplicado	Porcentaje	Intervalo
		Diversidad de		

administrativas cuya equipos  
finalidad es conservar  
o reestablecer un  
sistema, subsistema,  
instalación, planta,  
máquina, equipo,  
estructura, edificio,  
conjunto, componente  
o pieza en o a la  
condición que la  
permita desarrollar su  
función.” (Ávila, 2015,  
p. 27)

Variables Dependientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache	Disposición de la maquinaria a ser utilizada cuando es requerida (Muñoz, Carrillo, 2015, p. 49)	Establecer la disponibilidad actual Establecer la disponibilidad proyectada	Porcentaje	Razón

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población muestral

21 trabajadores del laboratorio de la minera.

39 equipos del laboratorio de la minera.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

**Tabla 03:** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

Técnica	Instrumento	Objetivo
Encuesta	Ficha de encuesta	Determinar por medio de la experiencia del personal los tiempos y costos que incurren durante una falla

Observación Directa	Ficha de inventarios	Determinar las características físicas actuales según placa de los equipos, insumo o personal que se use en el mantenimiento
Análisis de Documentos	Ficha de registro de catalogo	Determinar mantenimiento de cada máquina impuesta por el fabricante

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Validez y confiabilidad.

**Validez:** la validez de los instrumentos será dada por la aprobación de tres especialistas en el área.

**Confiabilidad:** la confiabilidad se determinará por medio de una declaración jurada que se dispondrá en el informe de investigación.

### 3.5. Procedimientos

**Inventario Técnico:** La finalidad es conseguir de manera precisa toda la información posible de los equipos y de los sistemas a mantener, anotando sus características principales, haciendo inventarios de: Máquinas del laboratorio, herramientas, equipos de medición, insumos y repuestos.

Los datos deberían contener la información siguiente: nombre, marca, modelo, serie, cantidad y en general todas aquellas que se consideren útiles. Todos esos datos deben ser plasmados en una hoja de vida del equipo, así como en registros de control, que se deben mantener actualizados y guardados en archivos computarizados, de esta manera no solo mejorar el tiempo de respuesta y reducir costos, sino también conservar un stock de repuestos.

### 3.6. Métodos de análisis de datos

El método que se utilizará en este proyecto es el método deductivo, ya que el resultado de lo que queremos lograr se halla implícitamente en las premisas que se puedan alcanzar. La estadística que se utilizará será descriptiva utilizando indicadores como la varianza y el promedio para establecer datos bases sobre los cuales actuar.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se mantendrá en reserva la información que pueda causar un conflicto de intereses dentro de la investigación, y se tendrá en cuenta el consentimiento de los involucrados para poder utilizar la información que sea brindada. Se respetara los derechos de autor de los textos de cualquier publicación de la cual sea utilizada la información, citándolos dentro del informe del proyecto.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinar la confiabilidad actual los equipos del laboratorio en la empresa

Se determinan los equipos del laboratorio de la empresa teniéndose.

**Tabla 04:** *Equipos del laboratorio*

N°	Descripción	Marca
1	Chancadora de quijadas 1	Citesa
2	Chancadora de quijadas 2	Citesa
3	Chancadora de quijadas 3	Essa
4	Pulverizadora 1	Essa
5	Pulverizadora 2	Essa
6	Pulverizadora 3	Essa
7	Horno de secado 1	Cerartec
8	Horno de secado 2	Cerartec
9	Sistema extractor de plomo	Latin american
10	Sistema extractor de gases	Latin american
11	Sistema extractor de polvo	Latin american
12	Sistema inyector de aire 1	Latin american
13	Sistema inyector de aire 2	Latin american
14	Compresora 1	Atlas copco
15	Compresora 2	Atlas copco
16	Compresora 3	Atlas copco
17	Plancha de calentamiento 1	Lindberg/blue m
18	Plancha de calentamiento 2	Lindberg/blue m
19	Plancha de calentamiento 3	Lindberg/blue m
20	Hot block 1	Environmental express
21	Hot block 2	Environmental express
22	Hot block 3	Environmental express
23	Hot block 4	Environmental express
24	Hot block 5	Environmental express
25	Hot block 6	Environmental express
26	Hot block 7	Environmental express
27	Horno de fundición 1	Dfc
28	Horno de fundición 2	Dfc
29	Horno de fundición 3	Dfc
30	Horno de fundición 4	Dfc
31	Estufa de secado 1	Thermo scientific
32	Estufa de secado 2	Thermo scientific
33	Estufa de secado 3	Thermo scientific
34	Destilador 1	Gfl

35	Destilador 2	Gfl
36	Centrífuga 1	Termo fisher scientific
37	Centrífuga 2	Termo fisher scientific
38	Sistema de extracción de gases AAS 1	S&p
39	Sistema de extracción de gases AAS 2	S&p

Fuente: Elaboración propia

Considerando las paradas por fallas en el año 2019:

**Tabla 05:** *Fallas ocurridas durante el periodo de evaluación*

N°	Máquina	Descripción	Motivo	Tiempo detenido por parada
1	Chancadora de quijadas	Cambio de rodamientos, rótulas y ejes cigüeñal, intermedio y de regulación	Falla de mantenimiento preventivo a la espera de cambio de los repuestos.	1 día
2	Pulverizadora	Cambio de válvula solenoide y limpieza de sistema neumático	Por falla de mantenimiento preventivo a la espera de cambio de los repuestos.	8h
3	Extractor de aire	Cambio de filtros tipo mangas	Por falla de mantenimiento preventivo (deficiencia en la extracción de polvos)	8h
4	Compresora	Cambio de válvula de aspiración	Por falla tiempo de vida de repuesto (compresor no cargaba aire)	2h
5	Plancha de calentamiento	Cambio de interruptores de encendido de equipo	Por falla tiempo de vida de repuesto (plancha no encendía a las resistencias)	3h
6	Estufa de secado	Cambio de rodamientos y base de rodamientos	Falla de mantenimiento preventivo a la espera de cambio de los repuestos, falta de lubricación.	4h
7	Destilador	Cambio de resistencias y electroválvula	Falla de mantenimiento preventivo a la espera de cambio de los repuestos.	4h
8	Horno de fundición	Cambio de resistencias y cables de poder	Falla de mantenimiento preventivo a la espera de cambio de los repuestos.	1 días

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento preventivo actualmente en la empresa se le da a la maquinaria según la experiencia del técnico cada 3 meses a todas las máquinas y la extractora de aire cada 6 adicionalmente se establecen las

horas detenidas de la máquina por cada mantenimiento programado y tres horas de limpieza mensual.

**Tabla 06:** *Mantenimientos preventivos que se le da a la maquinaria*

Máquina	Mantenimiento preventivo por mes												Total de horas por mantenimiento Preventivo
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Chancadora de quijadas 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Chancadora de quijadas 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Chancadora de quijadas 3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Pulverizadora 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Pulverizadora 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Pulverizadora 3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Horno de secado 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Horno de secado 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Sistema extractor de plomo	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Sistema extractor de gases	8	3	3	8	3	8	8	3	3	8	3	8	66
Sistema extractor de polvo	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Sistema inyector de aire 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Sistema inyector de aire 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Compresora 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Compresora 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Compresora 3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Plancha de calentamiento 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Plancha de calentamiento 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Plancha de calentamiento 3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Hot block 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Hot block 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Hot block 3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Hot block 4	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Hot block 5	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Hot block 6	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Hot block 7	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Horno de fundición 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56



Horno de fundición 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Horno de fundición 3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Horno de fundición 4	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Estufa de secado 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Estufa de secado 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Estufa de secado 3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Destilador 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Destilador 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Centrífuga 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Centrífuga 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Sistema de extracción de gases AAS 1	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56
Sistema de extracción de gases AAS 2	8	3	3	8	3	3	8	3	3	8	3	3	56

Fuente: Elaboración propia

Considerando las paradas por fallas en los equipos se tiene:

**Tabla 07:** Horas totales de paradas para las máquinas

Máquina	Total de horas por mantenimiento preventivo	Horas por mantenimiento correctivo	Total de horas detenida la máquina
Chancadora de quijadas 1	56	24	80
Chancadora de quijadas 2	56		56
Chancadora de quijadas 3	56		56
Pulverizadora 1	56	8	64
Pulverizadora 2	56		56
Pulverizadora 3	56		56
Horno de secado 1	56		56
Horno de secado 2	56		56
Sistema extractor de plomo	56		56
Sistema extractor de gases	66	8	74
Sistema extractor de polvo	56		56
Sistema inyector de aire 1	56		56
Sistema inyector	56		56

de aire 2			
Compresora 1	56	2	58
Compresora 2	56		56
Compresora 3	56		56
Plancha de calentamiento 1	56	3	59
Plancha de calentamiento 2	56		56
Plancha de calentamiento 3	56		56
Hot block 1	56		56
Hot block 2	56		56
Hot block 3	56		56
Hot block 4	56		56
Hot block 5	56		56
Hot block 6	56		56
Hot block 7	56		56
Horno de fundición 1	56	24	80
Horno de fundición 2	56		56
Horno de fundición 3	56		56
Horno de fundición 4	56		56
Estufa de secado 1	56	4	60
Estufa de secado 2	56		56
Estufa de secado 3	56		56
Destilador 1	56	4	60
Destilador 2	56		56
Centrífuga 1	56		56
Centrífuga 2	56		56
Sistema de extracción de gases AAS 1	56		56
Sistema de extracción de gases AAS 2	56		56

Fuente: Elaboración propia

La confiabilidad en los equipos seria determinada mediante los tiempos medios de falla y tiempo medio de parada. Se calculan el tiempo medio entre fallas.

$$\frac{MTBF}{TO}$$

Dónde:

MTBF : Tiempo medio entre fallas

TO : Tiempo de operación

NP : Número de paradas

Y el tiempo medio de reparaciones:

$$\frac{MTTR}{TP}$$

Dónde:

MTTR : Tiempo medio de reparaciones

TP : Tiempo de paradas

NP : Número de paradas

Obteniéndose:

**Tabla 08:** *Tiempo medio entre fallas y tiempo medio de reparaciones*

N°	Descripción	Tiempo de evaluación	Tiempo de reparación	Paradas	MTBF	MTTR
1	Chancadora de quijadas 1	2920	80	13	218	6
2	Chancadora de quijadas 2	2920	56	12	239	5
3	Chancadora de quijadas 3	2920	56	12	239	5
4	Pulverizadora 1	2920	64	13	220	5
5	Pulverizadora 2	2920	56	12	239	5
6	Pulverizadora 3	2920	56	12	239	5
7	Horno de secado 1	2920	56	12	239	5
8	Horno de secado 2	2920	56	12	239	5
9	Sistema extractor de plomo	2920	56	12	239	5
10	Sistema extractor de gases	2920	74	13	219	6
11	Sistema extractor de polvo	2920	56	12	239	5
12	Sistema inyector de aire 1	2920	56	12	239	5
13	Sistema inyector de aire 2	2920	56	12	239	5
14	Compresora 1	2920	58	13	220	4
15	Compresora 2	2920	56	12	239	5
16	Compresora 3	2920	56	12	239	5
17	Plancha de calentamiento 1	2920	59	13	220	5

18	Plancha de calentamiento 2	2920	56	12	239	5
19	Plancha de calentamiento 3	2920	56	12	239	5
20	Hot block 1	2920	56	12	239	5
21	Hot block 2	2920	56	12	239	5
22	Hot block 3	2920	56	12	239	5
23	Hot block 4	2920	56	12	239	5
24	Hot block 5	2920	56	12	239	5
25	Hot block 6	2920	56	12	239	5
26	Hot block 7	2920	56	12	239	5
27	Horno de fundición 1	2920	80	13	218	6
28	Horno de fundición 2	2920	56	12	239	5
29	Horno de fundición 3	2920	56	12	239	5
30	Horno de fundición 4	2920	56	12	239	5
31	Estufa de secado 1	2920	60	13	220	5
32	Estufa de secado 2	2920	56	12	239	5
33	Estufa de secado 3	2920	56	12	239	5
34	Destilador 1	2920	60	13	220	5
35	Destilador 2	2920	56	12	239	5
36	Centrífuga 1	2920	56	12	239	5
37	Centrífuga 2	2920	56	12	239	5
38	Sistema de extracción de gases aas 1	2920	56	12	239	5
39	Sistema de extracción de gases aas 2	2920	56	12	239	5

Fuente: Elaboración propia

El tiempo de operación se determina mediante la diferencia entre el tiempo de parada y el tiempo de evaluación. Se determina la confiabilidad de los equipos mediante

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

$R(t)$  : Confiabilidad en el tiempo de evaluación

$t$  : Tiempo de evaluación

**Tabla 09: Confiabilidad de los equipos**

N°	Descripción	Tasa de falla $\lambda$	Confiabilidad ( r )
1	Chancadora de quijadas 1	0.0046	87.5%

2	Chancadora de quijadas 2	0.0042	88.5%
3	Chancadora de quijadas 3	0.0042	88.5%
4	Pulverizadora 1	0.0046	87.6%
5	Pulverizadora 2	0.0042	88.5%
6	Pulverizadora 3	0.0042	88.5%
7	Horno de secado 1	0.0042	88.5%
8	Horno de secado 2	0.0042	88.5%
9	Sistema extractor de plomo	0.0042	88.5%
10	Sistema extractor de gases	0.0046	87.5%
11	Sistema extractor de polvo	0.0042	88.5%
12	Sistema inyector de aire 1	0.0042	88.5%
13	Sistema inyector de aire 2	0.0042	88.5%
14	Compresora 1	0.0045	87.6%
15	Compresora 2	0.0042	88.5%
16	Compresora 3	0.0042	88.5%
17	Plancha de calentamiento 1	0.0045	87.6%
18	Plancha de calentamiento 2	0.0042	88.5%
19	Plancha de calentamiento 3	0.0042	88.5%
20	Hot block 1	0.0042	88.5%
21	Hot block 2	0.0042	88.5%
22	Hot block 3	0.0042	88.5%
23	Hot block 4	0.0042	88.5%
24	Hot block 5	0.0042	88.5%
25	Hot block 6	0.0042	88.5%
26	Hot block 7	0.0042	88.5%
27	Horno de fundición 1	0.0046	87.5%
28	Horno de fundición 2	0.0042	88.5%
29	Horno de fundición 3	0.0042	88.5%
30	Horno de fundición 4	0.0042	88.5%
31	Estufa de secado 1	0.0045	87.6%
32	Estufa de secado 2	0.0042	88.5%
33	Estufa de secado 3	0.0042	88.5%
34	Destilador 1	0.0045	87.6%
35	Destilador 2	0.0042	88.5%
36	Centrífuga 1	0.0042	88.5%
37	Centrífuga 2	0.0042	88.5%
38	Sistema de extracción de gases aas 1	0.0042	88.5%
39	Sistema de extracción de gases aas 2	0.0042	88.5%

Fuente: Elaboración propia

Donde  $\lambda$  es la tasa de fallos y se determina como la inversa del tiempo medio entre fallas.

#### 4.2. Proponer un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad para los equipos del laboratorio

Se propone un plan de mantenimiento según manual que debe ser ejecutado en el tiempo correspondiente el cual se muestra en el anexo 01 para cada máquina considerando este tiempo de mantenimiento se podrá reducir las fallas por espera debido a que se deberá tener el stock requerido para cada mantenimiento.

**Tabla 10: Equipos con baja confiabilidad**

N°	Descripción	Tasa de falla $\lambda$	Confiabilidad ( r )	Observación
1	Chancadora de quijadas 1	0.0046	87.5%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado
4	Pulverizadora 1	0.0046	87.6%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado
10	Sistema extractor de gases	0.0046	87.5%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado
14	Compresora 1	0.0045	87.6%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado
17	Plancha de calentamiento 1	0.0045	87.6%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado
27	Horno de fundición 1	0.0046	87.5%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado
31	Estufa de secado 1	0.0045	87.6%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado

34	Destilador 1	0.0045	87.6%	Equipo crítico para la operación – se debe cumplir con el mantenimiento especificado
----	--------------	--------	-------	--

Fuente: Elaboración propia

Se evalúan los equipos de baja confiabilidad que son:

**Tabla 11:** *Fallas por mantenimiento correctivo*

Máquina	Total de horas por mantenimiento preventivo	Horas por mantenimiento correctivo	Total de horas detenida la máquina	Observación (cantidad de trabajo en horas en un día)
Chancadora de quijadas 1	48		48	8 horas a plena carga
Pulverizadora 1	20		20	8 horas a plena carga
Sistema extractor de gases	48		48	24 horas
Compresora 1	16	2	18	24 horas
Plancha de calentamiento 1	6.5	3	9.5	4 horas a plena carga
Horno de fundición 1	42		42	24 horas
Estufa de secado 1	42		42	16 horas a plena carga
Destilador 1	10		10	10 horas a plena carga

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3. Evaluar la mejora de disponibilidad de los equipos de laboratorio

Se calcula la disponibilidad actual y la proyectada con el empleo del mantenimiento según manual que se propone

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

**Tabla 12:** *Comparación de la disponibilidad existente y la proyectada de acuerdo al mantenimiento establecido*

N°	Descripción	Actual Disponibilidad (d)	Proyectada Disponibilidad (d)
1	Chancadora de quijadas 1	97%	98%
2	Pulverizadora 1	98%	99%
3	Sistema extractor de gases	98%	98%

4	Compresora 1	98%	99%
5	Plancha de calentamiento 1	98%	100%
6	Horno de fundición 1	98%	99%
7	Estufa de secado 1	98%	99%
8	Destilador 1	98%	100%

Fuente: Elaboración propia

Se puede determinar o constatar que basándose en la mejora de la confiabilidad mediante un planteamiento de mantenimiento según el manual del fabricante se mejorar la disponibilidad de la máquina.

#### 4.4. Realizar análisis de costos

Se realiza una comparación de costos para el mantenimiento de las maquinas con baja confiabilidad. Según los costos que manera la empresa el mantenimiento actual tiene un gasto anual de:

**Tabla 13:** *Gasto actual por mantenimiento preventivo anual*

Máquina	Mensual	Trimestral	Total
Chancadora de quijadas 1	s/ 85.00	s/ 860.00	s/ 4,460.00
Pulverizadora 1	s/ 85.00	s/ 750.00	s/ 4,020.00
Sistema extractor de gases	s/ 85.00	s/ 850.00	s/ 4,420.00
Compresora 1	s/ 85.00	s/ 550.00	s/ 3,220.00
Plancha de calentamiento 1	s/ 85.00	s/ 650.00	s/ 3,620.00
Horno de fundición 1	s/ 85.00	s/ 670.00	s/ 3,700.00
Estufa de secado 1	s/ 85.00	s/ 800.00	s/ 4,220.00
Destilador 1	s/ 85.00	s/ 600.00	s/ 3,420.00

Fuente: Elaboración propia

Se le suma los gastos por mantenimiento correctivo:

**Tabla 14:** *Costo actual en mantenimiento*

Máquina	Mant. Prev.	Mant. Correc.	Total
Chancadora de quijadas 1	s/ 4,460.00	s/ 400.00	s/ 4,860.00
Pulverizadora 1	s/ 4,020.00	s/ 400.00	s/ 4,420.00
Sistema extractor de gases	s/ 4,420.00	s/ 400.00	s/ 4,820.00
Compresora 1	s/ 3,220.00	s/ 400.00	s/ 3,620.00
Plancha de calentamiento 1	s/ 3,620.00	s/ 400.00	s/ 4,020.00
Horno de fundición 1	s/ 3,700.00	s/ 400.00	s/ 4,100.00
Estufa de secado 1	s/ 4,220.00	s/ 400.00	s/ 4,620.00



Destilador 1	s/ 3,420.00	s/ 400.00	s/ 3,820.00
--------------	-------------	-----------	-------------

Fuente: Elaboración propia

Teniendo un gasto total de S/34,280.00. El gasto por el mantenimiento propuesto es:

**Tabla 15:** Costo del mantenimiento preventivo según la baja confiabilidad

Máquina	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual	Total
Chancadora de quijadas 1	s/ 117.50	s/ 350.00	s/ 550.00	s/ 2,000.00	s/ 5,910.00
Pulverizadora 1	s/ 150.00		s/ 450.00	s/ 3,500.00	s/ 6,200.00
Sistema extractor de gases	s/ 80.00	s/ 250.00	s/ 500.00	s/ 3,500.00	s/ 6,460.00
Compresora 1	s/ 100.00	s/ 250.00	s/ 350.00	s/ 1,500.00	s/ 4,400.00
Plancha de calentamiento 1		s/ 250.00		s/ 850.00	s/ 1,850.00
Horno de fundición 1	s/ 100.00	s/ 450.00			s/ 3,000.00
Estufa de secado 1	s/ 35.00	s/ 450.00			s/ 2,220.00
Destilador 1		s/ 315.00			s/ 1,260.00

Fuente: Elaboración propia

Se le suma los costos del mantenimiento correctivo y se tiene:

**Tabla 126:** Costos por mantenimiento preventivo propuesto

Máquina	Mant. Prev.	Mant. Correc.	Total
Chancadora de quijadas 1	s/ 5,910.00		s/ 5,910.00
Pulverizadora 1	s/ 6,200.00		s/ 6,200.00
Sistema extractor de gases	s/ 6,460.00		s/ 6,460.00
Compresora 1	s/ 4,400.00	s/ 400.00	s/ 4,800.00
Plancha de calentamiento 1	s/ 1,850.00	s/ 400.00	s/ 2,250.00
Horno de fundición 1	s/ 3,000.00		s/ 3,000.00
Estufa de secado 1	s/ 2,220.00		s/ 2,220.00
Destilador 1	s/ 1,260.00		s/ 1,260.00

Fuente: Elaboración propia

Teniendo un gasto total de S/32,100.00.

## **V. DISCUSIÓN**

La presente investigación elaborar un plan de mantenimiento direccionado a las máquinas de baja confiabilidad con el objetivo de aumentar la disponibilidad de las mismas mediante esta dirección no se pretende corregir la disponibilidad de aquellas máquinas que presentan indicadores elevados por el costo que establece realizar los mantenimientos conforme al manual así se elabora al concluir esta investigación una confrontación entre los costos generados por la aplicación del nuevo mantenimiento y los costos generados por el mantenimiento actual los cuales son más elevados que el propuesto.

La investigación empieza en la toma de datos esta toma de data involucra registrar las fallas que ocurrieron durante un periodo de evaluación, así como los inventarios de maquinarias, equipos y herramientas que conlleva el trabajo en el laboratorio. Se realiza este levantamiento de datos para determinar a manera de elementos que falta para realizar el mantenimiento ideal, estableciendo que la empresa cuenta con las herramientas, equipos y personal humano suficiente para desarrollar los mantenimientos conforme a manual que se proponen.

Al igual que la investigación de Cruz Ramos en el 2016 la propuesta del plan d mantenimiento busca aumentar la disponibilidad de manera, pero la diferencia es que la presente investigación solo se centra en la confiabilidad para determinar las maquinas a quienes se les aplicara el plan de mantenimiento propuesto logrando con esto aumentar la disponibilidad al evitar que ocurran fallas por mal mantenimiento preventivo. No se cuentan como en el antecedente indicadores tan bajos debido a que no existen muchas fallas en los equipos de laboratorio. Por ende, los aumentos den décimas en este caso propone una mejora para el equipo.

A diferencia de la tesis de Quiñones Cortes en su investigación del 2015 pretende también elevar los indicadores de mantenimiento, pero la dirección que toma para determinar las maquinas más a las cuales aplicara el mantenimiento es el análisis de criticidad para la presente investigación se utilizar un análisis de confiabilidad

determinando que maquinas tienen menor confiabilidad se les propone para aplicar el mantenimiento según manual así aumenta la disponibilidad de las mismas. De la misma forma Gonzales Santillan y otros en su investigación del 2017 pretenden el aumento de los indicadores aludiendo a la criticidad de las maquinas.

Al igual que en la investigación de Pardo Chávez del 2017 se calculó el tiempo medio entre fallas para poder determinar la confiabilidad de las máquinas de laboratorio en base a este reduciendo el tiempo de paradas se puede determinar el aumento de disponibilidad de la maquina ya que este parámetro es dependiente del MTB, estos indicadores como afirma Pardo son necesarios para medir el desempeño de la maquina es preciso mantener un reporte que pretenda o se base en la muestra de estos indicadores de manera mensual.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Se calcula la disponibilidad de los equipos de laboratorio mediante el tiempo medio entre fallas teniéndose un intervalo de confiabilidad entre 87.5% y 88.5% debido a que el mantenimiento que se le da actualmente puede tomarse como correcto para la maquinaria que no tiene mucho uso las que son usadas constantemente si presentan fallos. Lo que hace que la confiabilidad de estas máquinas sea menor.
2. Se propone un plan de mantenimiento para cada máquina según manual, pero se debe aplicar solo a las maquinas cuya confiabilidad es de 87 % debido a que estas presentan un problema económico y de producción por presentar fallas en el lapso de la investigación.
3. Se mejora la disponibilidad de todas las maquinas seleccionadas con baja confiabilidad estableciéndose un aumento de disponibilidad entre un 1% y 2% para todas las maquinas seleccionadas.
4. El costo que genera el mantenimiento actual en las máquinas de baja disponibilidad llega a S/34,280.00 mientras que al aplicar el mantenimiento propuesto el costo llega a S/32,100.00 lo que concluye que el gasto por implementar las acciones de mantenimiento es más barato debido a la reducción de fallas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Llevar un registro más detallado de las paradas de las maquinas por más mínima que sea establecería indicadores más adecuados para la toma de decisiones.
2. Ejecutar el plan de mantenimiento propuesto a las maquinas determinadas si se realiza en todas las maquina la operatividad de las maquinas podría aumentar, pero no consistente con el costo y los indicadores de mantenimiento.
3. Establecer la disponibilidad como un indicador base a ser calculado por intervalos cortos de tiempo.
4. Implementar el mantenimiento ya que el resultado ofrece un buen panorama para su ejecución.

## REFERENCIAS

**Alemán Lupú , Katherine Marizet. 2014.** Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego. Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego. [En línea] octubre de 2014. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/616>.

**Arenas Villegas, Juan Carlos . 2016.** “PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO, PARA LA OPTIMIZACIÓN. Ingeniería y Computación, Universidad Católica San Pablo. Arequipa : s.n., 2016. pág. 330, Tesis.

**Atlas Copco. 2008.** Compresores de aire. Compresores de tornillo rotativos con inyección de aceite. [En línea] Clif-tecno, 16 de Abril de 2008. [Citado el: 16 de Abril de 2008.] <http://www.clif-tecno.com.ar/pdf/GX2-22.pdf>.

**Aurys , Consulting y Revista , G de Gestión. 2014.** aurys consulting. aurys consulting. [En línea] Diciembre de 2014. [Citado el: 04 de Febrero de 2016.] [http://aurysconsulting.com/aurys-noticias-publicaciones/wp-content/uploads/2014/12/RevistaG\\_Aurys\\_Estudio-Productividad-Per%C3%BA-2014.pdf](http://aurysconsulting.com/aurys-noticias-publicaciones/wp-content/uploads/2014/12/RevistaG_Aurys_Estudio-Productividad-Per%C3%BA-2014.pdf).

**BALLESTEROS RIVEROS, DIANA PAOLA. 2014.** Revista Redalyc. Revista Redalyc. [En línea] 2014. [Citado el: 13 de julio de 2016.] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84912053030>. ISSN: 0122-1701.

**Berreda Beltràn , Salvador . 2015.** Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en la edar de Nules - Vilavella. Ingeniería Mecánica, Universitat Jaume - I. Vilavella : s.n., 2015. pág. 174, Tesis.

**Bobes , Alonso, Alejandro, , R y Felipe Valdés, Pilar. 2014.** Scielo Cuba - Revista Virtual Electrónica de las Revistas Cubanas de Medicina. Scielo Cuba - Revista Virtual Electrónica de las Revistas Cubanas de Medicina. [En línea] diciembre de 2014. [Citado el: 20 de febrero de 2016.] [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0252-85842014000200012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842014000200012).

**Bohorquez Vásquez , Ella Cecilia y Puello Fuentes , R. 2014.** Repositorio Institucional Universidad de Cartagena. Repositorio Institucional Universidad de Cartagena. [En línea] 2014. [Citado el: 18 de febrero de 2016.] <http://190.25.234.130:8080/jspui/handle/11227/468>.

**Buenaventura. 2017.** Reporte de Sostenibilidad. Ingeniería de Minas , Minería Buenaventura . Lima : s.n., 2017. pág. 38.

**Cabrera Gallo, Anita y Gonzales Fernandez, Geraldin. 2014.** Universidad de San Martín de Porres. Universidad de San Martín de Porres. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] [www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20141\\_7.pdf](http://www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20141_7.pdf).

**Cárdenas Parra, Roberto. 2014.** Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM en Motores Detroit 16V-149TI en Codelco División Andina. Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile . Valdivia - Chile : s.n., 2014. pág. 120, Tesis.

**Carro Paz, Roberto y González Gómez, Daniel. 2013.** Portal de Promoción y Difusión Pública del Conocimiento Académico y Científico - FCEyS UNMdP. Portal de Promoción y Difusión Pública del Conocimiento Académico y Científico - FCEyS UNMdP. [En línea] 12 de agosto de 2013. [Citado el: 21 de febrero de 2016.] <http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1831>.

**Casachagua Davila , Cesar Gabriel. 2017.** Propuesta de un plan de mantenimiento basado en el RCM para mejorar la disponibilidad Mecánica de la Excavadora CAT 336 de la Empresa ECOSEM SMELTER S.A. Ingeniería Mecánica , Universidad Nacional del Centro del Perú . Huancayo : s.n., 2017. pág. 106 , Tesis .

**Casas Roque, Raul Lenin. 2017.** Propuesta de plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos críticos de la empresa Terminales Portuarios SAC en el año 2017. Facultad de Ingeniería: Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte. Lima : s.n., 2017. pág. 78, Tesis de Pregrado.

**Cornetero Suybate, Auri Selene y Calderón Alvarez. 2014.** Repositorio de Tesis USAT. Repositorio de Tesis USAT. [En línea] 2014. [Citado el: 20 de febrero de 2016.] <http://tesis.usat.edu.pe/jspui/handle/123456789/291>.

**Cruz Ramos , Luis Clemente. 2016.** Diseño de plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad y confiabilidad en las máquinas circulares de la empresa Textiles WG SAC - Lima. Facultad de Ingeniería: Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad César Vallejo. Lima : s.n., 2016. pág. 121, Tesis de Pregrado.

El portafolio de enseñanza aprendizaje y evaluación en el practicum: percepciones de todos los estudiantes. **García Carpintero , E. 2017.** 1, Madrid : s.n., 3 de 9 de 2017, REDU, Vol. 15, pág. 17.

**Espejo Gálvez , Crostian Alberto y Espejo Gálvez , Juan Carlos . 2016.** Implementación de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en una Maltería. Ingeniería Industrial , Universidad Privada del Norte . Lima : s.n., 2016. pág. 11, Tesis.

**Flores Marcelo , Julio . 2015.** Evaluación de la Confiabilidad del Sistema de Generación Eléctrica en una Refinería de Hidrocarburos. Ingeniería Mecánico - Eléctrico, Universidad Nacional de Piura . Piura : s.n., 2015. pág. 173, Tesis.

**Fundación Iberoamericana de Altos, Estudios Profe. 2014.** La Fundación Iberoamericana de Altos Estudios Profesionales (FIAEP). La Fundación Iberoamericana de Altos Estudios Profesionales (FIAEP). [En línea] 2014. [Citado el: 11 de febrero de 2016.] <http://fiaep.org/inventario/controlymanejodeinventarios.pdf>.

**García P. , Manuel, Quispe A. , Carlos y Raéz G., Lui. 2003.** Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central - Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Sistema de Bibliotecas y Biblioteca Central - Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [En línea] Agosto de 2003. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6\\_n1/pdf/mejora.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol6_n1/pdf/mejora.pdf).



**García Siurob, Patricia. 2013.** Repositorio Institucional Universidad Autónoma de Queretaro. Repositorio Institucional Universidad Autónoma de Queretaro. [En línea] marzo de 2013. [Citado el: 11 de febrero de 2016.] <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/2420>.

**Gonzales Santillan, Ernesto y Maicelo Bazan, Marcelita. 2017.** Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo para Incrementar la Disponibilidad de los Equipos de Laboratorio Clínicos de la Empresa Jampar Multiplest Internacional SRL 2017. Faculta de Ingeniería: Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte. Cajamarca : s.n., 2017. pág. 160, Tesis de Pregrado.

**Guevara Daga, Juan Carlos. 2014.** Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego. Repositorio Universidad Privada Antenor Orrego. [En línea] 14 de noviembre de 2014. [Citado el: 20 de febrero de 2016.] <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/342>.

**Guillen Carbajal , Cesar Saül . 2016.** Optimización del Sistema de ventilación aplicando Tecnologías Informáticas Minera Hemco - Nicaragua. Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica, Universidad Nacional de Ingeniería . Lima : s.n., 2016. pág. 173, Tesis .

**Gutarra Meza, Felipe . 2015.** Introducción a la Ingeniería Industrial. Lima : Fondo Editorial de la Universidad Continental, 2015. ISBN: Materia: Ingeniería Industrial.

**Gutiérrez, Luis . 2010.** Libros, Revistas y Tesis - Universidad Católica Andrés Bello. Libros, Revistas y Tesis - Universidad Católica Andrés Bello. [En línea] 2010. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] [http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR4884\\_1.pdf](http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR4884_1.pdf).

**Henríquez Meneses , Omar Eduardo y Aguilar Castro , Erick Alejandro . 2015.** Diseño de un Horno de Arco Electrico a escala de laboratorio para la obtención de silicio Metalúrgico. Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral . Guayaquil : s.n., 2015. pág. 113, Tesis.

**Herrera Dávila, Brenda Milagros. 2010.** Colegio de Ingenieros del Perú - Intranet. Colegio de Ingenieros del Perú - Intranet. [En línea] 2010. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] <http://cip.org.pe/imagenes/temp/tesis/44614967>.

**Hollsteín, Lucie . 2015.** Lucie Hollsteín Repostería. Lucie Hollsteín Repostería. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de febrero de 2016.] <http://www.reposteria.cl/>.

**Horngren, T, T, Sundem , L. y Stratton, William . 2006.** Contabilidad Administrativa. México : Pearson Educación, 2006. ISBN 970-2640-3.

**Huancaya Mena , Guillermo . 2016.** MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA Y CONFIABILIDAD OPERACIONAL DE UNA FLOTA DE COSECHADORAS DE CAÑA DE AZUCAR DE 40 t/h DE CAPACIDAD. Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2016. pág. 103. Tesis.

**Instituto Nacional de Calidad, de Calidad. 2003.** Instituto Nacional de la Calidad - Uruguay. Instituto Nacional de la Calidad - Uruguay. [En línea] Octubre de 2003. [Citado el: 01 de marzo de 2016.] [http://www.inacal.org.uy/files/userfiles/file/VI\\_ManualACTyCCC.pdf](http://www.inacal.org.uy/files/userfiles/file/VI_ManualACTyCCC.pdf).

**Iparraguirre Guevara, Carolina De Jesús . 2013.** Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte. Repositorio Institucional Universidad Privada del Norte. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] <http://hdl.handle.net/11537/1315>.

**Kong Sandoval , Choy Ling . 2013.** Repositorio Digital - Universidad Nacional de Trujillo. Repositorio Digital - Universidad Nacional de Trujillo. [En línea] 2013. [Citado el: 21 de febrero de 2016.] <http://dspace.unitru.edu.pe/xmlui/handle/123456789/456>.

**La Fundación Iberoamericana de Altos Estudios Prof. 2014.** La Fundación Iberoamericana de Altos Estudios Profesionales (FIAEP). La Fundación Iberoamericana de Altos Estudios Profesionales (FIAEP). [En línea] 2014. [Citado el: 21 de febrero de 2016.] <http://fiaep.org/inventario/controlymanejodeinventarios.pdf>.

**Làzaro Quinde , Tatiana Estefanía y Taipe Salazar , Diana Ximena . 2017.** Diseño, Adaptación y operación de un sistema de Calentamiento Utilizando un Intercambiador de calor de placas didáctico para el laboratorio de operaciones unitarias de la facultad de Ingeniería química de la Universidad de Guayaquil. Ingeniería Química , Universidad de Guayaquil . Guayaquil : s.n., 2017. pág. 131, Tesis .

**Martínez Ordinola, Dorka Grigert y Quiñones Pardo, María Alejandra. 2015.** Repositorio de Tesis USAT. Repositorio de Tesis USAT. [En línea] 05 de Mayo de 2015. [Citado el: 10 de Febrero de 2016.] <http://tesis.usat.edu.pe/jspui/handle/123456789/446>.

**Martínez Ordinola, Dorka Grigert Grigert. 2015.** Repositorio de Tesis USAT. Repositorio de Tesis USAT. [En línea] 05 de mayo de 2015. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] <http://tesis.usat.edu.pe/jspui/handle/123456789/446>.

**Mendoza García , Mónica . 2016.** Diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento Industrial. Ingeniería Industrial , Instituto Politécnico Nacional . México : s.n., 2016. pág. 126, Maestría .

**Meza Gutarra, Felipe. 2015.** Introducción a la Ingeniería Industrial. Huancayo : © Universidad Continental, 2015. Materia: INGENIERÍA INDUSTRIAL.

**Molina Peñeherrera , Jorge David , Jorge David . 2015.** Repositorio Digital - Universidad Politécnica Salesiana. Repositorio Digital - Universidad Politécnica Salesiana. [En línea] 3 de Junio de 2015. [Citado el: 20 de febrero de 2016.] <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10267>.

**Moras Sánchez, Constantino Gerardo. 2013.** Revista Virtual Pro Procesos Industriales. Revista Virtual Pro Procesos Industriales. [En línea] 01 de febrero de 2013. [Citado el: 01 de marzo de 2016.] <http://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/aplicacion-de-la-simulacion-en-el-area-de-produccion-de-empaques-de-la-empresa-ehuico-s-a-de-c-v-para-el-incremento-de-su-productividad>.

**Muñoz Abella , Belèn . 2014.** Mantenimiento Industrial. Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III Madrid. Madrid : s.n., 2014. pág. 48, Tesis.

**Nicho Barrera , Oscar Jesùs . 2017.** Rediseño de procesos para la disminución de tiempos de espera en el servicio de un comedor administrado por un concesionario dentro de una empresa del sector financiero. Ingeniería Industrial , Universidad Nacional Mayor de San Marcos . Lima : s.n., 2017. pág. 92, Tesis .

**Núñez Ingaroca , Christian Manolo . 2016.** RCM Para Optimizar la Disponibilidad de los Tractores D8T En la Empresa Aruntani SAC-Unidad Tukari. Ingeniería Mecánica , Universidad Nacional del Centro del Perú . Huancayo : s.n., 2016. pág. 106, Tesis .

**Paquita Ninaraqui , Richard . 2015.** Efecto del Escalado y Temperatura en la Cinética de Secado de las Hojas de Quinua, Variedad Salcedo Inia. Ciencias Agrarias , Universidad Nacional del Altiplano . Puno : s.n., 2015. pág. 138, Tesis .

**Pardo Chavez, Wilfredo Frank . 2017.** Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Confiabilidad para Reducir Costos de Mantenimiento para el Tren de Asfalto de Constructora Chamonte SAC. Facultad de Ingeniería: Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo : s.n., 2017. pág. 202, Tesis Pregrado.

**Pérez Gil, Mario Andrés . 2014.** Diseño de sistemas de Ventilación Industrial para los Ambientes de trabajo de una Empresa Dedicada a la Elaboración y Comercialización de Productos Cosméticos. Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción , Escuela Superior Politécnica del Litoral . Guayaquil : s.n., 2014. pág. 204, Tesis .

**Pérez Ríos, Cynthia Katterine. 2014.** Repositorio de Tesis - USAT. Repositorio de Tesis - USAT. [En línea] 2014. [Citado el: 20 de febrero de 2016.] <http://tesis.usat.edu.pe/jspui/handle/123456789/287>.

**Pineda Sánchez, Jennifer y Cardenas Olivos, Jorge. 2013.** Universidad San Martín de Porres. Universidad San Martín de Porres. [En línea] 2013. [Citado el: 04 de Febrero de 2016.] [http://www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20141\\_8.pdf](http://www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20141_8.pdf).

**Quevedo Cassana, Juan Gonzalo Isaac. 2010.** Repositorio Digital de Tesis PUCP. Repositorio Digital de Tesis PUCP. [En línea] diciembre de 2010. [Citado el: 11 de febrero de 2016.] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/915>.

**Quintero Perea, Jaime y Gonzáles Pabón, Julián Alberto. 2013.** Biblioteca Digital Universidad de San Buenaventura . Biblioteca Digital Universidad de San Buenaventura . [En línea] 2013. [Citado el: 11 de febrero de 2016.] <http://hdl.handle.net/10819/2108>.

**Quiños Cortes, Jhon Jairo. 2015.** Implementación de la Metodología de Confiabilidad Análisis de Criticidad en los Laboratorios Clínico y de Inmunología y Biología Molecular de la Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas: Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga : s.n., 2015. pág. 211, Tesis de Pregrado.

**Ramon Reynoso , Giancarlo Gerald . 2016.** Aplicación de Metodología de RCM para el incremento de disponibilidad de Chancadora HP-500 en la compañía Minera Volcan-Chungar. Ingeniería Mecánica , Universidad Nacional del Centro del Perú . Huancayo : s.n., 2016. pág. 184 , Tesis.

**Reinoso Briceño , Sebastián Alejandro . 2017.** Propuesta de plan de mantenimiento a máquina calibradora de Frutas de empresa Agrovalenz. Ingeniería Industrial , Universidad Técnica Federico Santa María . Viña del Mar : s.n., 2017. pág. 79, Tesis .

**Rincón Caicedo, Christian Raúl. 2011.** Repositorio Institucional UNISALLE-RIUS. Repositorio Institucional UNISALLE-RIUS. [En línea] 2011. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/4032/T11.11%20R471p.pdf?sequence=1>.

**Ríos Vásquez , Nidia Josefina, Portugal Vásquez, Javier y Valenzuela Gonzáles, Elizabeth. 2012.** Logística y Calidad I. México : Instituto Tecnológico de Sonora, 2012. ISBN: 978-607-609-037-4.

**Rubio Ferrer , José y Villarroel Valdemoro, Susana. 2012.** Gestión de Pedidos y Stock. España : Educación.es, 2012. ISBN: 978-84-369-5435-7.

**Rubío Ferrer, José y Villarroel Valdemoro, Susana. 2012.** Gestión de Pedidos y Stock. España : aula Mentor, 2012. ISBN: 978-84-369-5435-7.

**Sánchez Jacinto, Segundo Guillermo. 2013.** Repositorio de Tesis - USAT. Repositorio de Tesis - USAT. [En línea] 2013. [Citado el: 10 de febrero de 2016.] <http://tesis.usat.edu.pe/jspui/handle/123456789/522>.

**Santos Peña, Julián, Muñoz Alamillos, Angel y Prieto Diego, José. 2014.** Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED. [En línea] 2014. [Citado el: 21 de febrero de 2016.] [http://www2.uned.es/experto-logistica-transporte-distribucion/tablon\\_13\\_14/AVANCE\\_TOMO1.pdf](http://www2.uned.es/experto-logistica-transporte-distribucion/tablon_13_14/AVANCE_TOMO1.pdf).

**Solerpalau. 2018.** Centrífugos para Atmósferas Corrosivas o Explosivas. Centrífugos para Atmósferas Corrosivas o Explosivas. [En línea] Solerpalau, 21 de Marzo de 2018. [Citado el: 21 de Marzo de 2018.] <https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/prod/SP-PL.pdf>.

**Suárez Cabrera, Miguel Ángel. 2011.** Gestión de Calidad. Gran Canaria : s.n., 2011.

**Tuesta Yliquin, Jehysson Wguel. 2014.** Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos pesados de la empresa Obrainsa. Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica; Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Universidad el Callao. Callao : s.n., 2014. pág. 238, Tesis.

**Universidad Tecnológica del Perú UTP . 2010.** Aula Virtual - Universidad Tecnológica UTP. Aula Virtual - Universidad Tecnológica UTP. [En línea] 2010. [Citado el: 22 de febrero de 2016.] <http://aulavirtual.utp.edu.pe/file/20102/is/l3/06/C113/20102ISI306C113T067.pdf>.

**USAID PROYECTO DELIVER. 2011.** USAID PROYECTO DELIVER. USAID PROYECTO DELIVER. [En línea] 2011. [Citado el: 21 de febrero de 2016.] [http://deliver.jsi.com/dlvr\\_content/resources/allpubs/guidelines/LogiHand\\_ES.pdf](http://deliver.jsi.com/dlvr_content/resources/allpubs/guidelines/LogiHand_ES.pdf).

**Villega Arenas, Juan Carlos. 2016.** Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento para optimización del desempeño de la empresa Manfer SRL Contristas Generales Arequipa 2016. Facultad de Ingeniería y Computación: Programa Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Católica San Pablo. Arequipa : s.n., 2016. pág. 330, Tesis de Pregrado.

**Vite Guerrero, Tania Gisella. 2012.** Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil . Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil . [En línea] 21 de setiembre de 2012. [Citado el: 18 de febrero de 2016.] <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/468#sthash.I6WqRYw5.dpuf>.

**Yupanqui Ganados , Christian Diego . 2016.** Propuesta de Implementación de mejoras en El Plan de Mantenimiento Basado en la Metodología RCM para Tractocamiones Internacional Workstar 7600. Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte . Lima : s.n., 2016. pág. 62, Tesis.

**Zuluaga Mazo, Abdul. 2014.** Revista Clío América. Revista Clío América. [En línea] junio de 2014. [Citado el: 13 de julio de 2016.] ISSN: 1909 - 941X.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Matriz operacionalización de variables

Variables independientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad	El Mantenimiento está definido por la EFNMS (Federación Europea de Asociaciones Nacionales de Mantenimiento como: “El conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o reestablecer un sistema, subsistema, instalación, planta, máquina, equipo, estructura, edificio, conjunto, componente o pieza en o a la condición que la permita desarrollar su función.” (Ávila, 2015, p. 27)	Mantenimiento programado	Horas	Razón
			Frecuencia	
		Eficacia del mantenimiento aplicado	Porcentaje	Intervalo
		Diversidad de equipos		
Variables Dependientes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Disponibilidad de los equipos en laboratorio químico de minera Coimolache	Disposición de la maquinaria a ser utilizada cuando es requerida (Muñoz, Carrillo, 2015, p. 49)	Establecer la disponibilidad actual	Porcentaje	Razón
		Establecer la disponibilidad proyectada	Porcentaje	Razón



**ANEXO 2: Mantenimiento según manual**

EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	TIEMPO / FRECUENCIA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO EN SOLES	COSTO PARCIAL EN SOLES	TIEMPO REQUERIDO
EXTRACTORES DE AIRE	Revisión y tensión de fajas del ventilador	MENSUAL	3	S/. 80.00	S/. 240.00	2H
	Lubricación de rodamientos del ventilador		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
	Engrase de chumaceras de extractor	TRIMESTRAL	3	S/. 120.00	S/. 360.00	4H
	Templado de fajas del motor del extractor		3	S/. 80.00	S/. 240.00	
	Revisión de inyectores en el scrubber		1	S/. 180.00	S/. 180.00	
	Revisión de la electroválvula y motor reductor		2	S/. 100.00	S/. 200.00	
	Lubricación de rodamientos del ventilador	SEMESTRAL	3	S/. 120.00	S/. 360.00	8H
	Inspección y limpieza del ventilador		3	S/. 65.00	S/. 195.00	
	Alineación de poleas		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Revisión y tensión de fajas del ventilador		3	S/. 80.00	S/. 240.00	
	Revisión general del sistema de lavado de gases		1	S/. 280.00	S/. 280.00	
	Revisión y verificación de extractor		1	S/. 60.00	S/. 60.00	

y bomba					
Limpieza y pintado de tuberías		1	S/. 250.00	S/. 250.00	
Limpieza del tanque de alimentación y extractor, impulsor		1	S/. 220.00	S/. 220.00	
Revisión y verificación de las empaquetaduras		1	S/. 85.00	S/. 85.00	
Limpieza de filtros y trampas del scrubber		1	S/. 85.00	S/. 85.00	
Limpieza de los inyectores del scrubber		1	S/. 180.00	S/. 180.00	
Limpieza interna de ductos		3	S/. 800.00	S/. 2,400.00	
Revisión y apriete de tornillos, pernos, collares de bloqueo y poleas	ANUAL	3	S/. 70.00	S/. 210.00	16H
Inspección, limpieza y apriete de conexiones eléctricas		3	S/. 80.00	S/. 240.00	
Inspección de carcasa y pintado de superficies		3	S/. 3,500.00	S/. 10,500.00	
Limpieza del ventilador y eje		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
Inspección del conector de flexión (fugas o grietas)		3	S/. 75.00	S/. 225.00	

	Verificación completa de la condición general del colector de los componente s mecánicos, electromecá nicos, bolsas de filtro, secuenciado r, electroválvul a		2	S/. 2,500.00	S/. 5,000.00	
	Reemplazo o reparación de cualquier ducto dañado		3	S/. 1,500.00	S/. 4,500.00	
	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA		S/. 10,800.00	S/. 27,120.00		
INTECTOR ES DE AIRE	Inspección/li mpieza de filtros de aire	MENSU AL	2	S/. 100.00	S/. 200.00	3H
	Revisión y tensión de fajas del ventilador		2	S/. 80.00	S/. 160.00	
	Lubricación de rodamientos del ventilador		2	S/. 120.00	S/. 240.00	
	Lubricación de rodamientos del ventilador	SEMES TRAL	2	S/. 120.00	S/. 240.00	4H
	Inspección y limpieza del ventilador		2	S/. 75.00	S/. 150.00	
	Alineación de poleas		2	S/. 50.00	S/. 100.00	
	Revisión y tensión de fajas del ventilador		2	S/. 80.00	S/. 160.00	
	Revisión y apriete de tornillos, pernos,	ANUAL	2	S/. 120.00	S/. 240.00	16H

	collares de bloqueo y poleas					
	Inspección, limpieza y apriete de conexiones eléctricas		2	S/. 150.00	S/. 300.00	
	Inspección de carcasa y pintado de superficies		2	S/. 3,000.00	S/. 6,000.00	
	Limpieza del ventilador y eje		2	S/. 120.00	S/. 240.00	
	Inspección del conector de flexión (fugas o grietas)		2	S/. 75.00	S/. 150.00	
	Verificación completa de la condición general del inyector de los componentes mecánicos, electromecánicos, filtros, resistencias.		2	S/. 500.00	S/. 1,000.00	
	Reemplazo o reparación de cualquier ducto dañado		2	S/. 1,500.00	S/. 3,000.00	
	<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA</b>			<b>S/. 6,090.00</b>	<b>S/. 12,180.00</b>	
CHANCADORA DE QUIJADAS	Inspección visual para buscar defectos visibles	CADA 10 HORAS O TURNO DE TRABAJO	3	S/. 250.00	S/. 750.00	1.5H
	Verificación de signos de desgaste y / o rotura de las mandíbulas		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
	Verificación de signos de desgaste y /		3	S/. 120.00	S/. 360.00	

	o rotura de las placas laterales					
	Verificación que estén firmes y que no muestren signos de rotura los tornillos de sujeción de la mandíbula		3	S/. 80.00	S/. 240.00	
	Lubricación de rodamientos de chancadora	CADA 150 HORAS O TURNO DE TRABAJO	3	S/. 250.00	S/. 750.00	1H
	Verificación de tensión correcta y desgaste de fajas	MENSUAL	3	S/. 80.00	S/. 240.00	6H
	Inspección y limpieza y lubricación de rodamientos y rotulas		3	S/. 250.00	S/. 750.00	
	Verificación del desgaste de componentes y/o desintegración de los pies de goma		3	S/. 800.00	S/. 2,400.00	
	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA			S/. 1,950.00	S/. 5,850.00	
	PULVERIZADORA	Lubricación de rodamientos, crucetas y chumaceras de pulverizador	CADA 150 HORAS O TURNO DE TRABAJO	3	S/. 180.00	S/. 540.00
Verificación de tensión correcta y			3	S/. 80.00	S/. 240.00	

	desgaste de fajas					
	Inspección y limpieza del circuito eléctrico	3 MESES	3	S/. 120.00	S/. 360.00	4H
	Inspección y limpieza del circuito neumático		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
	Verificación de signos de desgaste y / o rotura de cabezal y/o inserto de poliuretano		3	S/. 500.00	S/. 1,500.00	
	Verificación que estén firmes y que no muestren signos de rotura los tornillos de sujeción del equipo		3	S/. 350.00	S/. 1,050.00	
	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA			S/. 1,350.00	S/. 4,050.00	
DESTILADOR	Inspección y limpieza del circuito eléctrico	3 MESES	2	S/. 180.00	S/. 360.00	2.5H
	Limpieza de tanque y circuito hidráulico		2	S/. 180.00	S/. 360.00	
	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA			S/. 360.00	S/. 720.00	
CENTRÍFUGA	Inspección y limpieza del circuito eléctrico y electrónico	3 MESES	2	S/. 120.00	S/. 240.00	2H
	Limpieza general de equipo		2	S/. 100.00	S/. 200.00	
	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA			S/. 220.00	S/. 440.00	
PLANCHA DE	Inspección y limpieza del	3 MESES	3	S/. 50.00	S/. 150.00	1.5

CALENTAMIENTO	circuito eléctrico					
	Limpieza e inspección general de equipo		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Reemplazo unidad de calefacción y componentes eléctricos previa inspección	ANUAL	3	S/. 70.00	S/. 210.00	2H
	<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA</b>			<b>S/. 170.00</b>	<b>S/. 510.00</b>	
ESTUFA DE SECADO	Inspección y limpieza del circuito eléctrico	3 MESES	3	S/. 50.00	S/. 150.00	1.5H
	Limpieza e inspección general de equipo		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Reemplazo unidad de calefacción y componentes eléctricos previa inspección	ANUAL	3	S/. 70.00	S/. 210.00	2H
	<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA</b>			<b>S/. 170.00</b>	<b>S/. 510.00</b>	
HOT BLOCK	Inspección y limpieza del circuito eléctrico	3 MESES	7	S/. 50.00	S/. 350.00	1.5H
	Limpieza e inspección general de equipo		7	S/. 50.00	S/. 350.00	
	Reemplazo de componentes eléctricos previa inspección	ANUAL	7	S/. 70.00	S/. 490.00	2 H
	<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA</b>			<b>S/. 170.00</b>	<b>S/. 1,190.00</b>	
HORNOS DE	Inspección y limpieza del	MENSUAL	4	S/. 80.00	S/. 320.00	3H

FUNDICIÓN	circuito eléctrico					
	Cambio de resistencias, termocupla, cables de poder, previa inspección		4	S/. 150.00	S/. 600.00	
	Inspección y limpieza del circuito neumático		4	S/. 50.00	S/. 200.00	
	Limpieza e inspección general de equipo		4	S/. 100.00	S/. 400.00	
	Inspección y limpieza del soplador rápido		4	S/. 120.00	S/. 480.00	
	Inspección/cambio de refractarios, previa inspección	3 MESES	4	S/. 150.00	S/. 600.00	6H
	Limpieza de chimenea y ducto de extracción		4	S/. 150.00	S/. 600.00	
	<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA</b>			<b>S/. 800.00</b>	<b>S/. 3,200.00</b>	
	Inspección y limpieza del circuito eléctrico		2	S/. 80.00	S/. 160.00	
	Cambio de resistencias, termocupla, cables de poder, previa inspección		2	S/. 150.00	S/. 300.00	
HORNOS DE SECADO	Limpieza e inspección general de equipo	3 MESES	2	S/. 100.00	S/. 200.00	4H
	Inspección y limpieza del ventilador		2	S/. 120.00	S/. 240.00	
	Inspección/lubricación		2	S/. 80.00	S/. 160.00	



	de chumaceras					
	Inspección/a juste de fajas, cambio de ser necesario		2	S/. 80.00	S/. 160.00	
	Alineamiento de poleas		2	S/. 60.00	S/. 120.00	
	Inspección de motor eléctrico		2	S/. 90.00	S/. 180.00	
	<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA</b>			<b>S/. 760.00</b>	<b>S/. 1,520.00</b>	
COMPRESORAS	Cambio de aceite	500 HORAS	3	S/. 80.00	S/. 240.00	2H
	Cambio de filtro de aceite		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Inspección/a juste de faja		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Inspección de motor eléctrico y conexiones eléctricas		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
	Cambio de aceite	2500÷3 000 HORAS	3	S/. 80.00	S/. 240.00	4H
	Cambio de filtro de aceite		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Cambio de filtro del aire		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Cambio de filtro separador de aceite		3	S/. 150.00	S/. 450.00	
	Limpieza del radiador aire/aceite		3	S/. 150.00	S/. 450.00	
	Inspección de motor eléctrico y conexiones eléctricas		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
	Cambio de aceite	5000÷6 000 HORAS	3	S/. 80.00	S/. 240.00	6H
	Cambio de filtro de aceite		3	S/. 50.00	S/. 150.00	
	Cambio de		3	S/.	S/.	

filtro del aire			50.00	150.00	
Cambio de filtro separador de aceite		3	S/. 150.00	S/. 450.00	
Limpieza del radiador aire/aceite		3	S/. 150.00	S/. 450.00	
Revisión válvula aspiración		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
Inspección de motor eléctrico y conexiones eléctricas		3	S/. 120.00	S/. 360.00	
<b>COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA</b>			<b>S/. 1,620.00</b>	<b>S/. 4,860.00</b>	

### ANEXO 3: Inventarios

#### Máquinas del laboratorio

N°	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	SERIE	POTENCIA	AÑO DE FABRICACIÓN	AÑO DE ADQUISICIÓN
1	CHANCADORA DE QUIJADAS 1	CITESA	CHEX2	2011 - N°0036	5 HP	2011	2011
2	CHANCADORA DE QUIJADAS 2	CITESA	CHEX2	2015 - N°0047	5 HP	2015	2016
3	CHANCADORA DE QUIJADAS 3	ESSA	JC 2501	219500-002	8.5 KW	2002	2011
4	PULVERIZADORA 1	ESSA	LM2 -P	219475-002	2.6 KW	2002	2011
5	PULVERIZADORA 2	ESSA	LM2 -P	219475-001	2.6 KW	2002	2011
6	PULVERIZADORA 3	ESSA	LM2 -P	15SEE5029-1	3 KW	2016	2017
7	HORNO DE SECADO 1	CERARTEC	SC	SC2015	42 KW	2010	2011
8	HORNO DE SECADO 2	CERARTEC	SC	SC2016	42 KW	2010	2011
9	SISTEMA EXTRACTOR DE PLOMO	LATIN AMERICAN	LAM 165	VC-539	30 HP	2010	2011
10	SISTEMA EXTRACTOR DE GASES	LATIN AMERICAN	LAM 206	VC-545	40 HP	2010	2011
11	SISTEMA EXTRACTOR DE POLVO	LATIN AMERICAN	LAM 165	VC-540	30 HP	2010	2011
12	SISTEMA INYECTOR DE AIRE 1	LATIN AMERICAN	LAM 204	VC-531	20 HP	2010	2011
13	SISTEMA INYECTOR DE AIRE 2	LATIN AMERICAN	LAM 204	VC-532	20 HP	2010	2011
14	COMPRESORA 1	ATLAS COPCO	GX4	CAI438489	5 HP	2010	2011
15	COMPRESORA 2	ATLAS COPCO	SF1	AI1683744	2 HP	2010	2011
16	COMPRESORA 3	ATLAS COPCO	GA7	CAI706143	10 HP	2011	2018
17	PLANCHA DE CALENTAMIENTO 1	LINDBERG/BLUE M	HP53025C	O09V-523246-OV	3.6 KW	2010	2011
18	PLANCHA DE CALENTAMIENTO 2	LINDBERG/BLUE M	HP53025C	O11V-523246-OV	3.6 KW	2010	2011
19	PLANCHA DE CALENTAMIENTO 3	LINDBERG/BLUE M	HP53025C	O11V-523260-OV	3.6 KW	2010	2011

20	HOT BLOCK 1	ENVIRONMENTAL EXPRESS	SC151	6183CECW2892	1080 W	2010	2011
21	HOT BLOCK 2	ENVIRONMENTAL EXPRESS	SC151	6366CECW2985	1080 W	2010	2011
22	HOT BLOCK 3	ENVIRONMENTAL EXPRESS	SC151	6183CECW2890	1080 W	2010	2011
23	HOT BLOCK 4	ENVIRONMENTAL EXPRESS	SC196	6183CECW2901	1080 W	2010	2011
24	HOT BLOCK 5	ENVIRONMENTAL EXPRESS	SC196	8031CECW3387	1080 W	2011	2011
25	HOT BLOCK 6	ENVIRONMENTAL EXPRESS	SC151	8140CECW3420	1080 W	2012	2012
26	HOT BLOCK 7	ENVIRONMENTAL EXPRESS	SC196	8140CECW3506	1080 W	2012	2012
27	HORNO DE FUNDICIÓN 1	DFC	812 ASSAY FURNACE	105	25 KVA	2010	2011
28	HORNO DE FUNDICIÓN 2	DFC	812 ASSAY FURNACE	106	25 KVA	2010	2011
29	HORNO DE FUNDICIÓN 3	DFC	812 ASSAY FURNACE	107	25 KVA	2010	2011
30	HORNO DE FUNDICIÓN 4	DFC	812 ASSAY FURNACE	125	25 KVA	2013	2014
31	ESTUFA DE SECADO 1	THERMO SCIENTIFIC	T 20	41168892	2.22 KW	2010	2011
32	ESTUFA DE SECADO 2	THERMO SCIENTIFIC	UT 20	41168891	2.32 KW	2010	2011
33	ESTUFA DE SECADO 3	THERMO SCIENTIFIC	HERATHERM OMS 180	41447260	3.06 KW	2012	2013
34	DESTILADOR 1	GFL	2008	11085310 L	6.0 KW	2008	2011
35	DESTILADOR 2	GFL	2008	11094410 L	6.0 KW	2008	2011
36	CENTRÍFUGA 1	TERMO FISHER SCIENTIFIC	SL 40	41027873	1700 W	2009	2011
37	CENTRÍFUGA 2	TERMO FISHER SCIENTIFIC	SL 40	41378177	1700 W	2012	2013
38	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES AAS 1	S&P	TD-1000/200	01172883	150W	2017	2018

39	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES AAS 2	S&P	TD - 800/200	00D44186	140 W	2016	2016
----	--------------------------------------	-----	--------------	----------	-------	------	------

## Inventario de herramientas

N°	DESCRIPCIÓN	MARCA	MEDIDA Y/O FUERZA	CANTIDAD
1	Juego de llaves Mixtas - Milímetros	STANLEY	6mm - 24mm	2
2	Juego de llaves Mixtas - Pulgadas	STANLEY	1/4" - 1"	2
3	Juego de llaves allen milimétricas	TRUPER	3mm - 14mm	2
4	Juego de llaves allen pulgadas	TRUPER	1/8" - 1/2"	2
5	Juego de limas	KAMASA	-	1
6	Juego de destornilladores mecánico	KAMASA	-	1
7	Juego de dados (24 piezas)	STANLEY	10mm - 19mm	1
8	Aplicador de silicona	TRUPER	-	1
9	Juego de machos y tarrajas	TRUPER	-	1
10	Juego de llaves tors	STANLEY	-	1
11	Destornillador de golpe plano	CHROME- VANADIUM	-	3
12	Destornillador de golpe estrella	CHROME- VANADIUM	-	3
13	Vernier de 6"	MITITUYO	6"/150mm	1
14	Calibrador de láminas	BAHCO	MM/PULGADAS	1
15	Alicate Universal	STANLEY	8"	1
16	Alicate de punta	STANLEY	8"	1
17	Alicate de corte	STANLEY	6"	1
18	Alicate de presión	STANLEY	10"	1
19	Arco sierra	STANLEY	-	1
20	Llave de filtros		-	1
21	Comba de goma	TRUPER	-	1
22	Comba de fierro de 4 Lb	TRUPER	4 Lb	1
23	Extractor de poleas de 5" x 3 uñas	TRUPER	5"	1

24	Extractor de poleas de 12" x 3 uñas	TOP TUL	12"	1
25	Pinzas extractoras de anillos siguer - 2 Pza.	KAMASA	-	2
26	Escobilla de fierro		-	1
27	Llave Francesa	STANLEY	15"	1
28	Llave Francesa	STANLEY	12"	1
29	Llave Stilson	STANLEY	24"	1
30	Llave Stilson	STANLEY	18"	1
31	Llave Stilson	STANLEY	12"	1
32	Alicate Universal Dieléctrico 1000v.	STANLEY	8"	1
33	Alicate punta Dieléctrico 1000v.	STANLEY	8"	1
34	Alicate de corte Dieléctrico 1000v.	STANLEY	6"	1
35	Cuchilla Dieléctrico 1000v.	RUBICOM	-	1
36	Juego de destornilladores (6 piezas) Dieléctrico 1000v.	STANLEY	-	1
37	Prensa terminales YQK 16 - 300MM	TGR HYDRAULIC TOOLS	-	1
38	Pelacables	STANLEY	-	1
39	Brocha de 2"	TUMI	-	2
40	Extensión de corriente monofásica 16A - 220V.	INDECO	10m.	1

## Inventario de equipos

N°	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	SERIE	CANTIDAD
1	PINZA AMPERIMÉTRICA	FUKE	325	41360625WS	1
2	TACÓMETRO	SKF	TKRT20	1818013	1
3	MEGÓMETRO	FLUKE	1507	42670596WS	1
4	ANEMÓMETRO	LASERLINER	082.140A	HBHE028687	1
5	PIRÓMETRO	FLUKE	VT04A	18110078	1
6	ALINEADOR DE POLEAS	SKF	TKBA 10	-	1
7	ANALIZADOR DE CONDICIÓN - VIBROPEN	SKF	CMAS 100-SL	134694	1
8	MÁQUINA DE SOLDAR	INDURA	200 PRO	180300084	1
9	COMPRESORA	HUYDAI	24 L	HYAC24D	1
10	AMOLADORA	BOSH	GWS7115ET	3601C	1

## Inventario de insumos

N°	DESCRIPCIÓN	TIPO	UNIDAD	CANTIDAD
1	Aceite para compresora atlas copco	Roto synthetic fluid xtend duty	galón	5
2	Aceite Shell Omala	S2 G 220	galón	5
3	Grasa Mobilux	EP 2	kg	18
4	Spray multiuso - 11 Oz 311 gr	WD-40	unidad	6
5	Spray limpia contactos - 10oz 300ml	3 en 1 técnico	unidad	2
6	Sikaflex en tubo - 300ml	221	unidad	1
7	Sika Fire en tubo - 300ml	FIRE STOP	unidad	2
8	Cinta Aislante	1700 Negra 3/4	unidad	2
9	Cinta Vulcanizante	Scotch 23-3m	unidad	1
10	Trapo industrial cosido	-	kg	12

## Inventario de repuestos

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MARCA
1	Faja en V 17x2718LI - LISA	2	MEGADYNE EXTRA
2	Faja en V - LISA	2	BANDO
3	Faja en V B2758 Ld/17x2718Li - LISA	3	OPTIBELT-VB
4	Faja en V B2301 Ld/17x2261Li - LISA	3	OPTIBELT-VB
5	Faja en V - LISA	2	HI-POWER II
6	Faja en V - DENTADA	6	METRIC POWER V-BELT
7	Faja en V 3400 13x990LI - DENTADA	2	BANDO
8	Faja en V 2813MX60 - LISA	7	HI-POWER II
9	Faja en V SUPER X-POWER M=S - DENTADA	2	OPTIBELT-VB
10	Faja en V 122NV - DENTADA	1	QUAD-POWER II
11	Faja en V - LISA	4	BANDO
12	Faja en V B3190 Ld/17x3150LI - LISA	4	OPTIBELT-VB
13	Faja en V VEXTRA - DENTADA	3	METRIC POWER
14	Faja en V - LISA	2	HI-POWER II
15	Faja en V - LISA	6	HI-POWER II
16	Faja en V 2280 - LISA	2	TRUFLEX
17	Faja en V - LISA	6	HI-POWER II
18	Válvula tipo diafragma completa	1	TURBO
19	Filtro regulador MS4-LFR-1/4-D6-C-R-V-AS	6	FESTO
20	Eje intermedio de 38.10mm x 194mm	4	CITESA
21	Eje de regulación quijadas de 38.10mm x 297mm	3	CITESA
22	Eje Cigüeñal de 69.40mm x 442mm	3	CITESA
23	Rótula	12	SKF
24	Rodamiento para brida lateral	4	SKF
25	Rodamiento para caja de cigüeñal	4	SKF



26	Manguera de lubricación de eje regulación	8	SWAGER RUBBER
27	Retenes color anaranjado para eje de regulación	18	CITESA
28	Tapas de rodamiento de brida lateral	2	CITESA
29	Chumacera completa	4	SKF
30	Cono de ajuste chumacera (buje)	4	SKF
31	Rodamiento de bolas	1	SKF
32	Rodamiento de rodillos	2	SKF
33	Rodamiento de bolas	1	SKF
34	Rodamiento de rodillos	1	SKF
35	Anillo separador de chumacera	8	SKF
36	Buje de polea	1	OPTIBELT
37	Resistencias en espiral	6	GLF
38	Válvula de aspiración	1	ATLAS COPCO
39	Pistón neumático levanta puerta	2	FESTO
40	Resorte de cabezal de pulverizadora	5	
41	Válvula solenoide normalmente abierto	3	GOYEN
42	Rodamiento para chumacera de pared	2	NTN
43	Rodamiento para chumacera de pared	2	SKF
44	Chumacera pared	4	SKF
45	Rodamiento rodillos	2	FAG
46	Soporte Olla	1	ESSA
47	Manómetro de 0 a 140 PSI	1	SMC
48	Cruceta cardán	4	HARDY SPICE
49	Eje de 1"	1	ESSA
50	Seguro Sigüer	2	
51	Chaveta de eje de 1"	2	
52	Presostato	2	3S
53	Pulmón Neumático	1	ESSA

54	Controlador eléctrico	1	CROUSET
55	Filtro regulador	1	ESSA
56	Seguro puerta	1	FLSMIDTH
57	Seguro puerta	2	ALLEN-BRADLEY
58	Seguro puerta	4	ALLEN-BRADLEY
59	Inserto poliuretano	3	
60	Cono de ajuste chumacera (buje)	1	SKF
61	Electroválvula	0	ROBERT SHAW
62	Trompo 8764015 N/O	1	HONEYWELL
63	Terminal de Ojo	10	TALMA
64	Platina de contacto tipo V	32	
65	Platina de contacto para terminal de cable	0	
66	Platina de contacto tipo Z	0	
67	Perno Inox de 3/8" x 2 1/2" con tuerca	50	
68	Perno Inox de 5/16" x 1 1/2" con tuerca	100	
69	Termocupla T/C complete TYPE K 6.5 FT	2	
70	Cable para termocupla	12	
71	Soporte terminal tipo V - Fierro fundido	32	
72	Soporte terminal tipo Z - Fierro fundido	5	
73	Soporte terminal de cable - Fierro fundido	10	
74	Refractario placa posterior - Porta Insulator	1	
75	Refractario techo	4	
76	Resistencia punta larga	26	
77	Resistencia normal	60	
78	Bandeja de recolección de chancado	2	
79	Resistencia - horno Cerartec	2	CERARTEC
80	Quijadas de chancado	3	CITESA
81	Placas laterales chancado	3	CITESA

82	Caja porta cigüeñal con tapas laterales	1	CITESA
83	Refractario Insulator	185	
84	Puerta de horno	1	DFC
85	Refractario techo	1	DFC
86	Cable de poder con protección térmica	20 m	
87	Porta Quijada móvil	1	CITESA
88	Válvula solenoide de 220V / 50-60HZ - USADO	1	MAC
89	Válvula solenoide labtech PN 340064	1	MAC

#### ANEXO 4: Plan de mantenimiento preventivo actual

ITEM	DESCRIPCIÓN	TIEMPO	CANTIDAD
1	EXTRACTORES DE AIRE		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes	3 meses	
	Lubricación de chumaceras		250 GRAMOS
	Revisión de poleas y fajas		
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos - Megado de motor		
	Limpieza de cilindro recolector de polvo		
	Limpieza y revisión de electroválvula.		
	Limpieza y revisión de electrobomba		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes	6 meses	
	Lubricación de chumaceras		250 GRAMOS
	Revisión de poleas y fajas		
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos - Megado de motor		
	Limpieza de cilindro recolector de polvo		
	Limpieza y revisión de electroválvula.		
	Revisión de Impulsor		
	Cambio de filtros tipo mangas		80 UND
	Limpieza de tanque scrubber		
2	INYECTORES DE AIRE		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes	3 meses	
	Lubricación de chumaceras		80 GRAMOS
	Revisión de resistencias		12 UND
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos - Megado de motor		
	Limpieza de filtros de aire		18 UND
3	CHANCADORA DE QUIJADAS		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	

	Lubricación de Rodamientos y Rótulas.		120 GRAMOS
	Revisión de poleas y fajas		
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos - Megado de motor		
	Inspección y limpieza de tablero eléctrico		
4	PULVERIZADORA		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	
	Lubricación de chumaceras, Crucetas y Rodamientos		120 GRAMOS
	Revisión de poleas y fajas		
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos - Megado de motor		
	Inspección y limpieza del sistema de aire comprimido		
	Inspección y limpieza de tablero eléctrico		
5	HORNOS DE SECADO		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes	3 meses	
	Lubricación de chumaceras		80 GRAMOS
	Revisión de poleas y fajas		
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos - Megado de motor		
	Inspección y limpieza del sistema de aire comprimido		
	Inspección torqueo de resistencias		12 UND
6	HORNOS DE FUNDICIÓN		
	Mantenimiento y/o cambio de resistencias	3 meses	16 UND
	Limpieza de ductos de extracción		
	Limpieza e inspección general de equipo		
	Inspección y limpieza de sistema de aire comprimido		
	Revisión de termocupla		
	Revisión limpieza de refractarios		
7	COMPRESORAS DE AIRE		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos, megado de motor		
	Revisión de poleas y fajas		

	Cambio de aceite		1/4 GL
8	PLANCHA DE CALENTAMIENTO		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos		
	Revisión de resistencias		
9	HOT BLOCK		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos		
10	ESTUFA DE SECADO		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos		
11	DESTILADOR		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos		
	Limpieza de tanque y sistema de agua industrial		
12	CENTRÍFUGA		
	Limpieza, Inspección y ajustes de componentes.	3 meses	
	Inspección y verificación de parámetros eléctricos		

## Declaratoria de autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MENDOZA ALVAREZ HENRY ANTONIO, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo Chiclayo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulado:


“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LABORATORIO QUÍMICO DE MINERA COIMOLACHE”

Es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 24 de junio 2020

<b>Apellidos y Nombres del Autor:</b> MENDOZA ALVAREZ HENRY ANTONIO	
<b>DNI:</b> 46325921	<b>Firma:</b> 
<b>ORCID:</b> 0000-0001-7311-6061	